Bestseller Top-5

Inteligência

Matemática

Hindemburg Melão Jr.

Ciência

Filosofia

GUIA DOS APODÍCTICOS

DESENVOLVA SEU PENSAMENTO CRÍTICO E RACIOCÍNIO LÓGICO

Lógica

Volume 1

Física

Psicometria

Xadrez

Astronomia

Uma seleção de perguntas e respostas com H. Melão Jr., convidado para ser o representante da América Latina no Intercontinental High-IQ Forum 2022 e recordista mundial no Guinness Book 1998

Hindemburg Melão Jr.

Guia dos Apodícticos

Desenvolva seu pensamento crítico e raciocínio lógico

Uma seleção de perguntas e respostas com H. Melão Jr., convidado para ser o representante da América Latina no Intercontinental High-IQ Forum 2022 e recordista mundial no Guinness Book 98

Primeira edição, 2023
ISBN 978-65-00-68166-6
www.sigmasociety.net

Brasil, 2023

Volume I

Esse livro trata de Astronomia, Física, Matemática, Método Científico, Ética, Lógica, Estatística, Testes de QI, Psicologia, Psicometria, Ciência Cognitiva, Filosofia da Ciência, Xadrez, Sociologia, Epistemologia, História da Ciência, Educação, Cultura, Inteligência Artificial, Inteligência e Criatividade, Física de Partículas e muito mais...

AGRADECIMENTOS

À Tamara Priscila Cardoso Rodrigues, por sua incansável ajuda em todos os assuntos relacionados a este e a outros projetos, por sua extraordinária capacidade de ver além das palavras, compreendendo o que eu pretendia transmitir, sintetizando e reorganizando o conteúdo desse livro de modo a tornar sua apresentação mais agradável para o leitor.

Seu encorajamento e sua orientação têm sido de valor inestimável para mim, e posso dizer, do fundo de meu coração, que não tenho palavras para expressar o quanto agradeço a Deus por ter você em minha vida.

Sumário

16. O Sol é ou não o centro do Sistema Solar?

17. Quais verdades sobre a bolsa de valores são duras de ouvir?

18. Falar que antes do colonialismo europeu a Europa possuía avanço tecnológico e científico é eurocentrismo e falta de conhecimento de história?

19. Por que ainda se fala que teoria é algo não provado se o dicionário diz que é conhecimento sistematizado?

20. A matemática foi descoberta ou criada a partir de conceitos presentes?

21. Qual é o planeta mais quente do sistema solar?

22. Qual é o assunto sobre o qual as pessoas falam que as faz parecer pouco inteligentes para você?

23. A luz viaja para sempre ou eventualmente desaparece?

24. Quando aponto a luz de uma lanterna para o espaço, ela viaja indefinidamente ou se extingue?

25. O espaço é escuro? Se eu estivesse no espaço e olhasse para as minhas mãos, conseguiria enxergá-las?

26. Como seria a matemática sem a lógica?

O QUE ALGUNS PROEMINENTES INTELECTUAIS DIZEM SOBRE O AUTOR

“You are for me a role model to learn from, and I feel so honoured again to have your acquaintance. The content of your article is clearly presented and produces new knowledge that I did not anticipate before, this was great reading and hope that in the future I will have the pleasure of reading lots more from you about yourself and how you experience the world now and in the future.” (2022)

Tor Arne Jørgensen, eleito *“Genius of the Year – Europe 2019”*, especialista em educação para crianças superdotadas, membro de *Immortal Society* e de mais de 50 outras sociedades de alto QI em vários países.

“Não há intelectual no Brasil ou no mundo que produza conteúdo de profundidade e originalidade similar à obra de Melão Jr. Além disso, Melão Jr. assume a posição simultânea de inovador e divulgador das ideias – em ciência, são raros os pesquisadores que fazem inovações relevantes, como Newton e Einstein; da mesma forma, são raros os que conseguem divulgar estas ideias de forma didática e cativante para o público leigo, muitas vezes influenciando os leigos a deixarem de sê-lo, como Carl Sagan. Melão Jr. assume simultaneamente os dois papéis em seus artigos, inovando e divulgando de forma brilhante em variadas áreas.” (2015)

João Antonio Locks Justi é polímata, empresário e empreendedor com ênfase no setor de Tecnologia, solucionou um importante problema de criptografia homomórfica que estava em aberto há anos, autor de novas heurísticas para acelerar a otimização genótipos, foi garoto prodígio na Ciência da Computação e Matemática.

“Tudo que é tocado pela intelectualidade de Hindemburg Melão Jr. se transforma em riqueza de conhecimentos. Dotado de uma capacidade cognitiva incrível, que lhe permitiu tornar-se profundo conhecedor de variados assuntos, e de um raciocínio brilhante que o capacita a contestar conceitos e lançar novas ideias sobre estes assuntos.” (2008)

Prof. Cel. José Paulo do Prado Dieguez, professor de Cálculo Numérico no Instituto Militar de Engenharia e autor de livros acadêmicos. Um de seus alunos foi o Governador de São Paulo Tarcísio de Freitas.

"Conheço Hindemburg Melão Jr. desde 2002, quando fui contatado com relação à Sigma Society, de que é fundador. Desde então, tenho tido o privilégio de conhecê-lo cada vez melhor e, ao mesmo tempo, de sempre me impressionar com o alcance de sua genialidade, criatividade, simplicidade, integridade e seu refinado senso de humor. Melão é um polímata altamente capacitado e criativo que se dedica profundamente e se apropria de qualquer assunto que lhe interessa. Suas qualidades tornam-no capaz de desempenhar qualquer função de alto nível ou projeto a que se dedique com o máximo resultado possível." (2014)

Prof. Dr. Renato P. dos Santos, Ph.D. in Physics at Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Post Doctoral at Universitaet Karlsruhe, Post Doctoral at Research Institute for Symbolic Computation, specialist in Data Science, Machine Learning and criptocurrencies by Coursera and in blockchain technologies by Blockgeeks. Researcher and Preceptor of Ph.D. students, member of British Blockchain Association, referee of International Journal of Physical Sciences, Journal of Virtual Worlds Research, Concurrency and Computation, pioneer on popular science in Brazil by Internet (1996) with Malba Tahan Magazine and the website Física Interessante.

"Hindemburg Melão Jr. é considerado uma das pessoas mais inteligentes do Brasil, destaca-se por sua incomparável capacidade de raciocínio lógico e pensamento abstrato, em outras palavras por sua excelência no que há de mais evoluído no pensamento humano." (2008)

Prof^a^. Dr^a^. Silésia Maria Veneroso Delphino Tosi, especialista em testes de inteligência, com Doutorado em Neuropsicologia pela USP, professora universitária, autora de testes cognitivos, ex-diretora de pesquisa na Pearson Editora.

Hindemburg veio de uma família humilde, seu pai já trabalhou como engraxate, ajudante em fábrica de vidro e ajudante de mecânico, Hindemburg morou durante 11 anos em favela, mas hoje é detentor de um recorde mundial de Xadrez às cegas registrado no Guinness Book 1998, resolveu alguns problemas científicos e matemáticos que estavam em aberto há séculos, já aprimorou os trabalhos de 5 ganhadores do prêmio Nobel (William Sharpe, Franco Modigliani, Harry Markowitz, Clive Granger e Myron Scholes) e escreveu tratados profundamente inovadores sobre Ciência, Filosofia, Psicologia, Educação, Teologia e muitos outros temas.

- Entre 1999 e 2008, *Sigma Society*, fundada por Hindemburg, esteve envolvida em vários projetos, ofereceu cursos gratuitos de Xadrez, Astronomia, Latim, Sânscrito e Esperanto, contribuiu no auxílio às vítimas do tsunami da Indonésia de 2004 e no

auxílio às vítimas nos desabamentos em Santa Catarina em 2008, ajudou na divulgação dos trabalhos dos pintores com a boca e com os pés (que não possuem as duas mãos), entre outras atividades assistenciais, culturais, educacionais.

- Em 2004, o presidente de *Pars Society*, uma das sociedades de alto QI mais exclusivas do mundo, para pessoas com QI acima de 180 (desvio padrão = 16), estimou o QI de Hindemburg em mais de 200, acima do limite que os testes são capazes de medir.

- Entre 2000 e 2022, Hindemburg foi convidado pelos presidentes de diversas outras sociedades de alto QI para participar na condição especial de membro honorário, com isenção de todas as taxas e dispensa de qualquer exame para admissão. Hindemburg aceitou quase todos os convites, exceto para ***CAILI*** **(*High IQ Society for Humanity*)**, uma entidade fundada por David Udbjørg para auxiliar crianças carentes na África. Nesse caso, Hindemburg fez questão de participar com membro regular, pagando todas as taxas, fez várias doações enquanto essa entidade permaneceu ativa e disponibilizou algumas horas de seu tempo semanal para colaborar de diferentes maneiras.

- Em 2005, Hindemburg foi indicado como a pessoa com QI mais alto do Brasil e participou de uma reportagem no programa Fantástico, da rede Globo.

- Em 2006, começou a desenvolver o sistema de inteligência artificial Saturno V, que entre 2016 e 2020 conquistou 21 prêmios internacionais de alta performance em investimentos em rankings como IASG, Barclay Hedge e Preqin.

- Em 2009, Hindemburg foi indicado por Albert Frank, professor de Lógica e Matemática na Universidade de Bruxelas, para participar de um evento com algumas das pessoas mais inteligentes do mundo.

-

Em 2018, foi realizada uma enquete num *private group* que reúne alguns membros das principais sociedades internacionais para superdotados e gênios, com a finalidade de apontar as **5 pessoas mais inteligentes vivas**. Rasmus Waldna, da Suécia, indicou Hindemburg Melão Jr. como potencial candidato. Embora Hindemburg estivesse afastado das sociedades de alto QI desde 2006, seu nome foi lembrado, reconhecido e recebeu a segunda maior votação. O grupo em questão reúne mais de 1100 intelectuais com QI acima de 150 (desvio padrão = 16), provenientes de mais de 50 países. Na avaliação dos membros desse grupo, Hindemburg recebeu mais votos do que Terence Tao, Christopher Hirata, Kim Ung-Yong, Tor Arne Jørgensen, Iakovos Koukas, Marilyn vos Savant, Chris Langan, Rick Rosner, Garry Kasparov, Wen-Chin Sui, Michael Kearney e outros.

- Em 2022 foi convidado para ser o representante da América Latina no *Intercontinental High-IQ Forum*, para ser vice-presidente na América do Sul do *Genius High IQ Network's*, para integrar o comitê psicométrico de *Giga Society*, para ser membro nas seguintes sociedades de alto QI: *CATHOLIQ High IQ Society, USIA, Grand Master Society, Prometheus 2.0, Nobel Society*.

Existem no mundo mais de 80 sociedades de alto QI, que reúnem cerca de 170.000 membros, com um gigantesco potencial transformador, no entanto a aplicação efetiva desse potencial não está otimizada, e essa subutilização tem causado preocupação aos membros mais destacados desses grupos. Em 2022, o *In-Sight Journal*, principal periódico de acesso aberto voltado a esse nicho, tomou a iniciativa de reunir alguns dos nomes mais consagrados das sociedades de alto QI, para "ouvir" o que esses intelectuais têm a dizer e apontar os rumos a serem tomados para maximizar o impacto positivo dessas sociedades sobre o mundo e sobre a humanidade. E o representante da América Latina convidado para esse evento foi Hindemburg Melão Jr.

Sobre os tópicos dessa reunião, Hindemburg faz um breve resumo: *"Por minha parte, pretendo enumerar alguns dos objetivos que os grupos de elevado QI deveriam ter na resolução de problemas científicos, educacionais, sociais e ecológicos, enfatizando o dramático desperdício de*

talentos que ocorre no Brasil, com milhares de crianças e jovens talentosos vivendo na pobreza, muitos se desviando para o caminho do crime. A descoberta da cura para várias doenças poderia vir da mente de um desses jovens."

Mais informações sobre o autor em:

https://www.sigmasociety.net/hm

https://www.sigmasociety.net/intercontinental-high-iq-forum

APRESENTAÇÃO

Por Tamara Rodrigues

Uma pergunta respondida por 100 especialistas diferentes terá praticamente a mesma resposta repetida 100 vezes, com pequenas alterações, como se tivessem sido copiadas ou aprendidas de uma fonte comum a todos eles. Entretanto, ao deparar com essa mesma pergunta respondida por Hindemburg, o resultado é completamente diferente. Hindemburg tem o talento de ir muito além, de transcender, de penetrar em praticamente qualquer assunto, camada por camada, até chegar ao âmago e descobrir a essência que se esconde por trás das aparências, encontrando as respostas mais profundas e mais corretas. Em seguida, ele "regressa" à superfície para descrever o que descobriu, com uma linguagem clara e acessível, analisando cada etapa desse processo, literalmente ensinando como pensar e ajudando outras pessoas a aprimorar a maneira como elas próprias interpretam o mundo.

Em seus textos, encontramos um interminável universo de possibilidades que se desvenda diante de nossos olhos, com muitas filigranas que nenhum dos especialistas que investigou o assunto havia considerado, mas que eram elementos fundamentais para o correto entendimento daquela questão. Isso se repete em numerosas situações, nas quais a humanidade inteira vinha repetindo algo incorretamente há décadas. De repente, Hindemburg analisa a questão de maneira completamente inovadora, aponta os erros na versão tradicional, explica rigorosamente porque a abordagem tradicional estava errada, e reconstrói aquela ideia de maneira muito mais correta e consistente. Hindemburg fez isso com o IMC, que vinha sendo calculado incorretamente há 160 anos, com o índice de Sharpe (criado pelo Nobel de Economia William Sharpe) e em muitos outros casos, lançando luz sobre as trevas e revelando que a maneira como se enxergava o mundo necessitava de uma ampla e profunda revisão. Mais do que isso: ele oferece exemplos de como nós também podemos começar a

enxergar o mundo sob uma perspectiva muito mais inteligente, mais realista e mais criativa.

Uma das frases de Hindemburg de que mais gosto é essa:

"Fazer Ciência é sonhar com Lógica.
Apenas a Lógica, sem sonho, não produz inovações.
Apenas sonhar, sem Lógica, não passa de devaneio."

Em Ciência, o mais importante não é defender um ponto de vista correto, mas sim utilizar argumentos apropriados e ter um bom entendimento dos processos envolvidos. Claro que o ideal é que a tese seja "correta" e também seja apoiada por argumentos bem fundamentados, mas muitas vezes não se dispõe de informações suficientes para que se possa chegar às conclusões mais corretas, e nesses casos a análise mais lógica dos dados disponíveis conduz a uma interpretação "errada". Quando isso acontece, é preferível adotar a interpretação mais lógica do que a mais certa, porque a mais lógica permite modificar os parâmetros do modelo, graças ao entendimento que se tem sobre a função de cada componente do modelo e os efeitos esperados ao modificar cada um deles. Isso permite um maior controle sobre os resultados e oferece a perspectiva de aprimorar progressivamente o modelo para que funcione cada vez melhor. Assim progride a Ciência e assim deveria ser em todas as questões do cotidiano.

No trabalho, nos estudos e em nossas vidas, de modo geral, muitas vezes temos que tomar decisões baseadas em informações incompletas ou até mesmo conflitantes. Ao lidar com essas situações, se adotarmos uma abordagem apodíctica, podemos aumentar substancialmente nossas chances de tomar as melhores decisões, que produzem os resultados mais efetivos.

Alguns casos são mais difíceis de avaliar, quando a resposta parece simples, por ser algo que vimos e ouvimos dezenas de vezes, e passamos a acreditar e repetir sem nos questionarmos. Isso é muito mais frequente do que se imagina, e quase todas as pessoas fazem isso quase o tempo todo. O próprio sistema "educacional" treina as pessoas para isso: engolir regras e dogmas para depois os repetir, sem compreender e com pouca margem para questionar.

Por isso é muito importante pensar de forma independente, com lógica rigorosa, porque a manada frequentemente nos engana, e muitas vezes os membros da manada nem sequer agem com maldade, eles

simplesmente estão seguindo o fluxo, enganando a si mesmos e a todos que os seguem.

Pensar de forma independente não significa ir contra a manada. Significa avaliar racionalmente se a manada está seguindo num caminho promissor. Como existem muitos caminhos, é muito improvável que a manada faça a melhor escolha, pois adotando critérios inadequados e se baseando em princípios rasos e deturpados, seria necessário que tivessem muita sorte para chegar à resposta certa por métodos errados. Mas eventualmente pode acontecer de que a manada esteja num bom caminho – ou até no melhor caminho. Se estiver, novamente não significa que se deve seguir a manada. Deve-se seguir pelo caminho mais promissor, acompanhando a manada somente enquanto ela permanecer nesse caminho, e se eventualmente a manada se desviar, deve-se ignorar o rumo tomado por ela e prosseguir pelo melhor caminho. Se alguns membros da manada se mostrarem receptivos a ensinamentos e flexíveis para revisar a direção que estavam tomando, pode-se liderar esses membros, ou até mesmo a manada inteira, e ajudá-los para que cada um deles também se torne um pensador independente e sensato.

A maioria da população simplesmente adota o comportamento de manada. Uma fração mais esclarecida simplesmente critica o comportamento de manada. Ambos estão errados, conforme esclarece Hindemburg, analisando a questão de forma apodíctica:

> *Esses comportamentos de manadas muitas vezes levam grupos de pessoas a lincharem um inocente porque alguém – por engano ou má fé – o acusou injustamente de um crime que ele não cometeu, então duas pessoas começaram a espancá-lo, e todos em volta entram no comportamento de manada e contribuíram com linchamento até matar o inocente. Outras vezes a pessoa é de fato culpada, mas por uma infração relativamente pequena, que acaba sendo transformada em algo monstruoso por um acusador exagerado, que faz o pequeno delito parecer uma atrocidade que merece ser punida com a morte, e isso leva igualmente a uma ação injusta de uma manada insana. O trecho da Bíblia (João, 8:1-11) que relata quando Jesus interveio na lapidação de uma mulher acusada de adultério foi um dos mais notáveis exemplos de conduta sensata para evitar o comportamento de manada.*

Essa questão é complexa, porque existem situações nas quais o comportamento de manada foi e continua sendo importante para a sobrevivência de nossa espécie. Ao longo da evolução da humanidade, se uma pessoa estivesse sentada pescando, e passassem ao lado dela 20 pessoas correndo assustadas, mesmo que o pescador não soubesse porquê aquelas pessoas estavam correndo, geralmente ele teria mais chances de sobreviver se deixasse de pescar e começasse a correr junto com a "manada", porque provavelmente a manada estava fugindo de algum grande predador que se aproximava, ou de um vulcão em erupção, ou de qualquer perigo que o pescador ainda não havia percebido, mas se tantas pessoas estavam adotando aquele comportamento, provavelmente ele deveria fazer o mesmo. Esse tipo de comportamento tem se mostrado estatisticamente correto na maioria dos casos, mas não em todos os casos. E o pensamento apodíctico consiste justamente, entre muitas outras utilidades, em distinguir quais são as situações nas quais se deve dar atenção ao comportamento da manada, e em quais situações se deve ignorar a manada.

Por exemplo: um motorista de Uber com notas 4,97 (máximo=5), ou um hotel com nota 4,97 (máximo=5), geralmente são melhores do que motoristas com nota 4,1 ou hotéis com nota 4,1. Mas nem sempre é assim, e não é igualmente confiável nesses dois casos. No exemplo do Uber, a nota é muito mais confiável do que a nota do hotel, porque como o preço do Uber é padronizado, não há grandes diferenças entre os clientes que usam os serviços do Uber que recebeu nota 4,97 e o Uber que recebeu 4,1. Claro que os clientes podem ser diferentes, mas se o Uber atende na mesma localidade, o perfil típico desses clientes deve ser estatisticamente semelhante em todos os aspectos relevantes, especialmente em nível de exigência, que é o fator relevante para essa análise. No caso do hotel é diferente, porque é possível que o hotel com nota 4,97 seja muito mais barato que o hotel com nota 4,1, de modo que o hotel com nota 4,97 atrairá um público menos exigente e mais propenso a dar notas mais altas por um serviço menos diferenciado. Como resultado, existe uma probabilidade bastante razoável (digamos: 30%) de que o hotel com nota 4,1 seja melhor do que o hotel com

4,97. Mas no caso dos motoristas de Uber, a probabilidade de que o motorista com nota 4,1 seja de fato melhor é talvez de 5% ou menos.

Poderia inclusive citar um exemplo real: no Vale do Paraíba há um restaurante chamado Vivá que é o melhor da região, tem nota 4,7, e realmente é bom. Há também um trailer de cachorro-quente com nota 4,9 na mesma cidade do Vivá. O trailer certamente presta um bom atendimento e oferece alguns recursos que talvez sejam apreciados por seu público, mas é pouco provável que se as mesmas pessoas avaliassem os dois estabelecimentos, o trailer recebesse nota maior. O motivo pelo qual o trailer foi mais bem avaliado se deve, quase certamente, a uma diferença significativa no perfil dos clientes.

Esse tipo de distorção acontece porque os proprietários do Google, Amazon, Netflix, Trivago, Tripadvisor etc. utilizam métricas inadequadas. O fato de serem empresas grandes e multibilionárias não significa que sejam administradas e assessoradas com um nível de competência proporcional à riqueza, e na verdade muito raramente são. Esse é um dos grandes vícios cognitivos da maioria das pessoas, que não enxergam o peso do fator sorte no sucesso de empreendimentos nem fatores alheios à competência e à qualidade, inclusive carisma, network, entre outros. A Apple, por exemplo, sempre foi melhor do que a Microsoft desde os anos 1980, porém só depois do lançamento do iPhone, em 2007, a Apple conseguiu que a excelência de seus produtos começasse a ser mais valorizada.

Esses casos ilustram muito bem como o comportamento de manada continua sendo útil nos dias de hoje. Quando uma pessoa vai fazer uma compra no eBay, se o vendedor tem menos que 98% de positivos, fica-se na dúvida se haverá algum problema com atendimento pós-venda, e pode ser preferível pagar um pouco mais caro pelo produto de um vendedor com 99,7% de positivos. A mesma coisa ao selecionar um hotel ou restaurante ou filme. Mas nesses casos já não se pode seguir tão cegamente a manada. Se o restaurante tem nota baixa, é provável que seja realmente ruim. Porém se tem nota alta, não significa que seja necessariamente bom para os padrões que você considera bom. A situação é ainda mais complexa no caso de filmes. Tanto restaurantes quanto hotéis e filmes são avaliados de maneira subjetiva, com base nas

preferências individuais. Mas estatisticamente grandes grupos de pessoas tendem a concordar em certos critérios, como reconhecer um bom atendimento. Por isso embora haja subjetividade nesses três exemplos, não é necessariamente mesmo nível de subjetividade. No caso de filmes, o peso da subjetividade é maior. [...]

E a análise prossegue em níveis crescentes de profundidade e sofisticação. Começa com um fato óbvio, que todos conhecem: o comportamento de manada. Então passa a deslindar esse fenômeno social sob um ponto de vista único, e à medida que evolui na análise, começamos a perceber a riquíssima variedade de conteúdo que existe além do horizonte. Antes da análise de Hindemburg, tem-se a impressão de que aquilo que pensávamos ser o mundo é apenas a ponta do iceberg; depois da análise, um volume gigantesco e surpreendente de realidades inusitadas é colocado diante de nossos olhos. Até mesmo em questões do dia-a-dia, que julgamos ter bom conhecimento e elevado grau de certeza sobre como as coisas são, acabamos descobrindo que existe uma verdade oculta, profunda e complexa a ser revelada.

Esse tipo de pensamento extremamente profundo, meticuloso e abrangente, combinando análises qualitativas e quantitativas, é uma das características marcantes no pensamento de Hindemburg ao ponderar sobre qualquer assunto, transformando uma questão trivial num estudo incrivelmente bem explicado. Ao ler suas análises sobre muitos temas diferentes, nós mesmos começamos a imitar essa maneira de pensar, com um salto gigantesco na qualidade de percepção do mundo à nossa volta, porque geralmente estamos habituados a confiar em respostas óbvias e rasas, sem perceber que pode haver uma verdade mais profunda por trás.

Esse livro “arranca” o leitor de sua zona de conforto e o obriga a pensar, mas não apenas isso. Obriga a pensar com profundidade, com rigor, com originalidade, ajuda a libertar-se dos preconceitos que são inculcados na mente das pessoas desde que elas nascem, preconceitos que as contaminam e lhes reduzem a inteligência. Ao curar esses preconceitos, as pessoas ganham uma nova vida, uma visão mais completa do mundo, mais realista e mais nítida.

O título dessa coleção foi inspirado na obra de Maimônides, um dos maiores filósofos do século XII, que classificava as pessoas em 4 grupos, de acordo com a maneira como elas lidavam com o conhecimento e como agiam nos debates:

- Poéticos
- Retóricos
- Dialéticos
- Apodícticos

Essas categorias representam um nível crescente de rigor analítico e qualidade discursiva, em que, de maneira resumida e simplificada, os poéticos constroem discursos que cativam pela sonoridade, pela forma, pelo apelo emocional; os retóricos tentam seduzir seu público por meio de silogismos, que algumas vezes são argumentos legítimos – respeitando a Lógica –, outras vezes são falácias; os dialéticos tentam demonstrar suas teses por métodos legítimos, a partir de postulados plausíveis e utilizando pensamentos dedutivos, indutivos e abdutivos, mas numa proporção não-otimizada. No topo dessa pirâmide estão os apodícticos, que elegem com extremo cuidado seus postulados e otimizam o uso de argumentos dedutivos, indutivos e abdutivos.

Alguns autores consideram que apodícticos são irrefutáveis, mas essa é uma visão ingênua e muito distante da realidade. O nome para isso não seria “apodíctico”, mas sim “divindade”, numa acepção de perfeição, que está fora do alcance humano.

Dentro do grupo dos apodícticos, há aqueles que se destacam pela grandiosidade de suas ideias, por sua criatividade, pela maneira singular com que enxergam o mundo, as relações humanas e as relações com a Natureza.

Albert Einstein, Isaac Newton e Thomas Edison são alguns exemplos de pessoas que alcançaram essa condição privilegiada de compreensão do mundo que as cerca, encontraram verdades sublimes que permaneciam ocultas, então compartilharam suas descobertas com a humanidade, fazendo o brilho de suas mentes transbordar e iluminar todos à sua volta.

Pessoas apodícticas são raras, menos de 5 em cada 1000 pessoas, mas os apodícticos no nível que transbordam e transcendem são muito mais raros. Nascem duas ou três em cada geração, o que as coloca num nível de

raridade perto de 1 em 1 bilhão. De acordo com ONU, as populações de todos os 33 países da América Latina somados totalizam 671 milhões de pessoas, ou seja 0,67 bilhão. Não chega a 1 bilhão. Isso significa que há cerca de 67% de probabilidade de que uma pessoa na América Latina pode estar nesse patamar intelectual. Talvez essa pessoa exista e pode ser um brasileiro.

Esse livro reúne perguntas e respostas que foram coletadas a partir das mais variadas fontes, incluindo entrevistas das quais Hindemburg participou, perguntas que lhe foram enviadas na seção “Oráculo” de Sigma Society, debates dos quais participou em grupos privados de sociedades de alto QI, revistas de distribuição privada e sociedades secretas – com as permissões dos responsáveis por essas revistas e sociedades – e outras plataformas e mídias, cobrindo um período desde meados de 1997 até abril de 2023.

Os critérios adotados na seleção dessas perguntas estão relacionados principalmente ao interesse que as respostas podem despertar em pessoas que tenham grande curiosidade científica e filosóficas, que apreciam questões não-triviais, para as quais são oferecidas respostas inovadoras, meticulosas e frequentemente inusitadas, revelando pontos de vista surpreendentes e, ao mesmo tempo, muito bem fundamentados.

Muitas respostas estão inter-relacionadas, de modo que para a correta e completa compreensão de algumas delas pode ser necessária a leitura de todas as outras.

Os enunciados das perguntas foram preservados tal como foram recebidos, portanto eventualmente podem conter pequenos erros.

Esse livro é direcionado a pessoas inteligentes que gostariam de expandir ainda mais sua criatividade, sua capacidade analítica e sua visão crítica. Pessoas que buscam a excelência no mais elevado grau, e nessa obra encontrarão exatamente isso, por meio de uma seleta lista de exemplos extraordinários e ricamente comentados.

Nas palavras de Einstein *“Depois que a mente que se expande com uma ideia inovadora, jamais volta ao seu tamanho original”*.

INTRODUÇÃO

A inteligência é uma das características mais importantes dos seres vivos. Foi graças a ela que os humanos se tornaram os senhores do planeta. Aumentar a inteligência é um desejo de praticamente todas as pessoas inteligentes, mas na tentativa de encontrar algum manual que ensine isso, deparam com uma avalanche de promessas vazias, conteúdos rasos e ineficazes.

Duas das primeiras perguntas que uma pessoa que deseja aumentar sua inteligência precisa se fazer são:

1. O que é a inteligência?
2. É possível aumentar a inteligência?

A pessoa precisa saber o que exatamente ela gostaria de aumentar, caso contrário ela nem sequer terá condições de julgar se o método para aumentar a inteligência está produzindo algum efeito.

Duas analogias que podem ser feitas aqui são sobre reduzir o peso e aumentar a altura. Tanto o peso quanto a altura podem ser medidos com razoável precisão e acurácia (incerteza menor que 1%), isso torna possível testar diferentes métodos e conferir qual o mais eficaz para reduzir o peso ou aumentar a altura. No caso da inteligência, é muito mais difícil medir com precisão e mais difícil ainda medir com boa acurácia, porque as incertezas nas medidas da inteligência podem ultrapassar 20%, e o erro efetivo na medida pode ser ainda maior.

Embora peso e altura possam ser ambos determinados com margem de erro relativamente estreita, há uma diferença importante ele eles que precisa ser ressaltada:

a. **O peso** pode variar amplamente, em mais de 500% para cima e 50%(*) para baixo. O homem mais pesado de

que se tem registro chegou a 635 kg. Para adultos, ganhar 50% no peso ou perder 20% é relativamente comum, enquanto a altura raramente varia mais do que 2%. Por isso, embora as medições possam fornecer resultados precisos e acurados no momento em que a medição foi realizada, não se pode assumir que naquele momento específico da medição o peso aferido era representativo do peso típico da pessoa. Alguns atletas conseguem perder 3 kg de líquido em 1 hora de treino, isso geralmente representa 4% do peso.

[(*) 50% de variação na massa. Se considerar o peso, basta a pessoa entrar na água para que seu peso seja reduzido em mais de 95%, ou num voo parabólico, entre outras possibilidades]

b.

No caso **da altura**, a variação é muito menor. Se forem realizadas 10 medições com a pessoa em pé, logo ao acordar, durante um intervalo de alguns meses ou anos, a dispersão nessas medidas deve ser menor do que 1%(*). Se a pessoa estiver deitada, pode ser 2 cm a 3 cm maior, mas sabendo desse efeito, pode-se compensar essa variação, estreitando o erro para menos de 1 cm. Desse modo, ao longo de anos, um adulto jovem não sofre variações em sua altura maiores do que 1 cm a 2 cm, se a altura for medida em condições padronizadas (todas as medidas com a pessoa deitada ao acordar, por exemplo, ou todas em pé ao acordar). Porém, mesmo fazendo medições padronizadas do peso – a pessoa em jejum ao acordar, por exemplo – ao longo de poucos meses ou anos, pode-se observar uma variação maior que 30% ou até maior que 100%.

[(*) No caso da altura, se a pessoa tiver membros amputados ou próteses de alongamento implantadas, a variação pode ser maior, mas isso violaria o critério de medir em condições padronizadas]

Por isso uma medição da altura em idade adulta não requer constantes atualizações, pois uma medida aos 22 anos representa razoavelmente bem como será a altura dessa pessoa ao longo de décadas, com variações menores que 1% nos 30 anos seguintes. No caso do peso, isso não se aplica. Em questão de poucos dias, semanas ou até mesmo horas, a pessoa pode variar 5%, 10%, 50% ou mais.

No caso da inteligência, também pode variar numa proporção substancial, aumentando mais que 150% ou 200%, mas é um processo mais demorado do que a variação no peso, além disso é mais difícil, requer mais disciplina e dedicação, na prática de “exercícios” apropriados. Há também uma lenta redução de inteligência em função da idade, variando de uma pessoa para outra. Claro que também podem ocorrer variações abruptas devido à impactos na cabeça, uso de substâncias químicas e doenças, bem como pode aumentar pelo implante de chips, conexões com módulos auxiliares etc., mas em condições “normais”, a variação da inteligência com exercícios regulares e bem administrados deve ser perto de 10% a 30% ao ano nos primeiros anos, até chegar perto dos limites individuais, e vai gradualmente desacelerando esse ritmo conforme a pessoa se aproxima de seus limites, à semelhança do que se observa em qualquer modalidade esportiva, ou na curva de aprendizado de uma linguagem de programação ou de instrumentos musicais.

É importante distinguir “inteligência” de “performance mental”. Também é importante distinguir inteligência de “cultura” e de “memória”, mas esses dois últimos são relativamente óbvios e não precisamos analisá-los.

A inteligência é uma característica duradoura e relativamente estável ao longo da vida, enquanto a performance mental reflete a aplicação da inteligência em condições específicas. A performance pode variar mais de 100% em poucas horas, bastando ingerir uma quantidade razoável de álcool ou ficar 30 horas sem dormir, enquanto a inteligência, em condições “normais”, varia muito menos que 1% ao mês.

Se a pessoa dormiu bem, se alimentou bem, não está estressada nem ansiosa, não está com dores nem qualquer problema que dificulte sua concentração, memorização, pensamento analítico etc., ela está perto de seu nível intelectual ótimo. Mas basta beber um copo de uísque para que sua performance seja prejudicada sensivelmente. Se a pessoa estiver com muito sono, dor, fome, estresse, isso pode afetar sua performance em mais de 50%. Mas depois da ressaca, sua performance volta quase ao mesmo nível que era antes da degradação provocada pela agressão química ao cérebro, que matou alguns neurônios, provocando uma redução cumulativa de menos de 0,1%, mas se isso se repetir muitas vezes ao longo da vida, a perda acumulada vai se tornando cada vez mais notória. A ressaca reduziu a performance em mais de 50% durante algumas horas, mas deixou uma

sequela de apenas 0,1% na inteligência. A inteligência é aquela característica cognitiva mais estável que permanece quase a mesma ao longo das décadas.

De certo modo, pode-se dizer que a inteligência é o "pico recente de performance". O termo "recente" é vago, pode representar últimos dias, ou últimos meses ou últimos anos. Quando se considera últimos dias ou últimas horas, esses intervalos são tão curtos que raramente surgem oportunidades de lidar com situações cuja dificuldade e complexidade são suficientes para exigir que a inteligência seja inteiramente aplicada em seu nível mais alto. Nas tarefas cotidianas, as pessoas mais inteligentes não têm a oportunidade de expressar plenamente seu potencial. Mas quando se considera últimos meses ou anos, aumenta a probabilidade de surgirem algumas situações nas quais o pensamento lógico e criativo seja exigido num nível muito alto. Por isso o pico recente baseado nos últimos meses ou anos é mais representativo da inteligência do que o pico dos últimos dias ou horas. Por outro lado, ao longo dos anos a inteligência varia sensivelmente. Ao longo dos dias também varia, mas a variação é bem pequena e quase não chega a ser notada.

Comparando com atletas de alta performance, o arremesso de dardo é um bom exemplo para fazer uma analogia. Num determinado dia, pode ser que um campeão no arremesso de dardo só consiga lançar a cerca de 80 m, eventualmente 82 m, por estar com sono ou cansado. Num dia melhor, ele pode lançar a distâncias entre 87 m e 89 m, sendo esse seu "máximo típico recente". Depois de 10 anos, esse máximo pode aumentar para 91 m a 92 m. Depois de mais 10 anos, pode diminuir para 86 m a 88 m. Em alguns dias muito ruins, ele pode errar os lançamentos, não estimar bem o ângulo, e ficar com performances de 65 m a 70 m, mas isso não representa o potencial desse atleta. Nesses dias ele estaria abaixo de sua capacidade. O potencial dele é cerca de 90 m, podendo ficar um pouco abaixo disso nos dias sub-ótimos e muito abaixo disso nos dias ruins. Desse modo, se ele tivesse sua habilidade testada num dia ruim, poderia lançar a talvez 74,12 m, e esse seria seu "escore" que representaria sua habilidade naquele dia, naquelas condições. Mas isso não representa a real capacidade dele. Se o mesmo teste fosse realizado num dia diferente, ele teria alcançado 91,89 m, por exemplo, ou 58,03 m.

No caso da inteligência, é basicamente a mesma coisa. Por isso não é muito apropriado tomar como referência o resultado de um teste de QI

aplicado numa ocasião específica como sendo representativo da capacidade da pessoa. Isso só funciona razoavelmente se forem atendidas determinadas condições, entre as quais o nível de dificuldade das questões mais difíceis do teste precisa ser desafiador ao nível intelectual da pessoa examinada, bem como a norma e a escala do teste precisam ser compatíveis. Os casos de Feynman, Fischer, Kasparov são alguns exemplos bizarros de pessoas com QI acima de 180 que tiveram escores abaixo de 130 porque os testes aplicados não tinham teto adequado nem dificuldade adequada, entre outras falhas no processo de aplicação, avaliação e interpretação dos resultados. Outro fato que precisa ser considerado é o que comentei acima, sobre a pessoa estar num "bom dia".

Um teste de QI aplicado num dia específico terá como resultado a performance da pessoa naquele momento, naquelas condições, mas não será necessariamente uma boa representação da capacidade típica daquela pessoa. É diferente de um *high range IQ test*, sem limite de tempo, que a pessoa pode resolver as questões exclusivamente quando se sentir melhor para isso, pode interromper quando estiver cansada, depois retomar quando se sentir novamente melhor, bem como pode revisar quantas vezes quiser. Isso tem um "problema" que é misturar a medida da inteligência com a medida de outras variáveis, como a dedicação e a disciplina. Uma pessoa mais indisciplinada, mais impaciente, que queira terminar logo o teste, pode ser prejudicada em comparação a outra que faça o mesmo teste com mais calma e mais dedicação. Entretanto, a mesma pessoa pode refazer o teste, revisando as respostas que ela acha que não foram as melhores, e atualizar seu escore. Chris Langan, por exemplo, em sua primeira tentativa do Mega Test, teve escore 174. Ele disse que resolveu o teste inteiro em menos de 10 horas, sendo que o nível de dificuldade das questões foi planejado para que fossem resolvidas em cerca de 1 mês. Depois ele fez outra tentativa, dedicando vários dias às resoluções, e dessa vez obteve 190.

Assim funciona a Ciência, a Matemática e toda a produção intelectual do mais alto nível. Em 1912, Einstein publicou um cálculo incorreto sobre qual deveria ser a deflexão da luz ao passar pelas imediações da fotosfera do Sol, como sendo 0,84". Em 1916, ele revisou esses cálculos para 1,75". Andrew Wiles não estava inteiramente certo em sua primeira publicação da solução para o Último Teorema de Fermat, em 1993, mas depois ele revisou seu trabalho e publicou uma versão que, até o momento, não se encontrou indícios de erros. O caso de Einstein é um dos

que mais me interessa, mas como já escrevi centenas de páginas sobre isso, aqui vou examinar com um pouco mais de detalhes um outro caso de grande interesse: o de Poincaré, que venceu um concurso promovido pelo Rei da Suécia, Oscar II, em colaboração com alguns dos matemáticos mais influentes da época, inclusive Hermite, Weierstrass e Mittag-Leffler.

O desafio do rei, proposto em 1887, envolvia uma versão simplificada do problema dos três corpos. No mundo real, os corpos possuem massa e estrutura, por isso exercem ação gravitacional uns sobre os outros, bem como as estruturas desses corpos não podem ser tratadas como punctuais, o que torna esse problema excepcionalmente complexo. No caso desse desafio, a questão foi simplificada tratando os corpos como pontos e considerando que somente 1 dos 3 corpos possuía massa, o que levou esse problema a ser chamado "problema das 3 órbitas" ou "problema restrito dos 3 corpos". Mesmo essa versão simplificada é um problema extremamente difícil, que estava em aberto desde os tempos de Newton.

Poincaré atacou o problema por um caminho original. Em vez de traçar a trajetória de cada ponto em todos os momentos, como todos os matemáticos vinham tentando fazer, ele focou nos aspectos qualitativos gerais do estado de movimento de todo o sistema no espaço de fase. Ele estudou os fluxos por métodos geométricos e topológicos inovadores que impressionaram Weierstrass. Seguiu o comportamento das órbitas periódicas em suas adjacências e estudou suas iterações numa seção transversal ao fluxo no espaço de fase.

Poincaré preencheu quase 300 páginas para descrever sua solução, apresentando novos conceitos e novas abordagens de conceitos antigos, o que tornou a tarefa do comitê examinador extremamente difícil, pois boa parte da solução era constituída por ferramentas matemáticas inéditas que o próprio Poincaré havia criado para lidar com aquele problema, e os membros do comitê precisaram primeiro compreender essas novas ferramentas e a maneira como estavam sendo utilizadas, para que então pudessem tentar avaliar os resultados. Além do comitê original, outros matemáticos também tiveram acesso a esse trabalho, para auxiliar na avaliação, e solicitaram que Poincaré enviasse vários esclarecimentos complementares, os quais Poincaré satisfez, enviando um total de outras 90 páginas.

A conclusão a que Poincaré chegou foi de que esse sistema era estável, isto é, em períodos arbitrariamente longos, nenhum dos objetos em

órbita “escaparia”. Havia limites assintóticos dentro dos quais eles se mantinham, afastando-se de suas órbitas originais, mas depois retornando para dentro desses limites.

Ao final, Poincaré foi declarado vencedor e Weierstrass escreveu a Mittag-Leffler: *“Esse trabalho não pode ser considerado uma solução completa da questão proposta, mas é de tal importância e originalidade que sua publicação inaugura uma nova era na história da Mecânica Celeste.”*

Houve algumas complicações políticas, pessoais e operacionais envolvendo o astrônomo Hugo Gyldén, o rei Oscar, outros matemáticos e astrônomos, problemas de saúde de Weierstrass, que levaram ao atraso na publicação dos resultados de Poincaré na forma de um livro, mas deixaremos esses detalhes de fora para não prolongar demais. Em julho de 1889, Mittag-Leffler decidiu dar início ao processo de publicação, embora ainda houvesse algumas pendências. Em novembro o material estava pronto e logo em seguida seria publicado. Foi quando Poincaré enviou um telegrama comunicando a Mittag-Leffler que havia um erro – sem entrar em detalhes – e pediu que interrompesse o processo de publicação.

No dia seguinte, Mittag-Leffler recebeu uma carta mais detalhada, na qual Poincaré esclarecia que o erro era mais grave do que ele havia pensado inicialmente, pois as superfícies assintóticas não eram fechadas. Isso significava a possibilidade de que um ou mais corpos “escapasse”, alterando completamente a conclusão.

Poincaré descreveu duas superfícies assintóticas associadas a uma solução periódica instável: uma variedade estável (o inset) consistindo de todas as soluções vizinhas atraídas para a solução periódica e uma variedade instável (o início) formada pelas soluções correspondentes repelidas da periódica. Poincaré assumiu que as duas superfícies assintóticas coalesciam suavemente para formar uma única folha de superfície fechada e, em particular, que não ocorriam interseções. Isso implicaria a existência de outro invariante integral e na estabilidade do sistema, já que cada curva de solução estaria confinada a uma região limitada do espaço de fase e não poderia passar pelo limite da superfície assintótica invariante fechada. O problema é que as duas superfícies assintóticas podiam se cruzar transversalmente e de uma maneira muito intrincada. Décadas depois, o estudo mais detalhado de sistemas como esse

levou Lorenz (não confundir com Lorentz) a introduzir o conceito de "atrator estranho".

Apesar dos avanços extraordinários que ele havia feito para uma melhor compreensão desse problema e de muitos outros relacionados a esse, Poincaré ficou frustrado e inseguro, ao constatar seu erro, inclusive perguntou a Mittag-Leffler se ele ainda merecia o prêmio. Esse é um ponto muito importante, que mostra a diferença de personalidade entre as pessoas. Enquanto algumas pessoas passam a vida acumulando erros em cima de erros, inclusive erros intencionais e primários, outras pessoas sentem-se culpadas e desencorajadas por cometerem descuidos ao lidar com questões titanicamente difíceis e complexas. A análise de Weierstrass deixou claro que a importância desse trabalho de Poincaré era independente de sua exatidão ou correção. O mais importante não eram esses detalhes, mas sim a nova maneira de enxergar aquele e outros problemas.

O grande erro veio logo em seguida: Mittag-Leffler desesperou-se e apressou-se a recuperar todas as cópias que haviam sido distribuídas na pré-impressão, e procurou manter o erro de Poincaré em sigilo, tanto quanto possível. Essa conduta, a meu ver, foi indiscutivelmente um erro bem maior, porque o valor do trabalho de Poincaré não estava na conclusão final, conforme bem havia sido observado por Weierstrass. Tanto faz se havia ali algum erro. No conjunto, a obra era monumental e trazia contribuições notáveis para o desenvolvimento da Matemática, da Astronomia e até mesmo da Lógica, no sentido de apresentar estratégias incogitadas para a resolução de determinados problemas.

Esse episódio é um excelente exemplo de brilho intelectual, mostrando que o mais importante não é encontrar respostas exatas ou as melhores respostas. O caminho trilhado para chegar a essas respostas, as estratégias adotadas no processo de resolução, se forem inovadoras e superiores aos métodos tradicionais, se ampliarem os horizontes do conhecimento e servirem de base para que outros estudos se beneficiem das mesmas técnicas para a resolução de outros problemas, isso é muito mais importante do que a resolução daquele problema em particular. Também é um importante exemplo de conduta ética, em que o próprio Poincaré percebeu seu erro e tomou a iniciativa de comunicá-lo.

Por esses e outros motivos, um teste de QI tradicional, ou uma prova escolar, ou de vestibular, são exames que medem performances mentais (combinadas ou não com a cultura e o vocabulário), enquanto os *high range*

IQ tests medem algo mais representativo da inteligência – tanto na validade de constructo quanto no sentido de invariabilidade a longo prazo.

De modo geral, exames realizados em poucas horas, que consideram apenas a condição da pessoa naquele momento específico, avaliam a performance mental.

Os testes capazes de avaliar razoavelmente bem a inteligência propriamente dita demoram meses. Num período mais amplo, a pessoa pode se dedicar às questões nos momentos que ela está mais bem-disposta para isso, alcançando perto do máximo de sua performance.

Devido ao tempo relativamente longo dos exames necessários para avaliar adequadamente a inteligência, surgem outras dificuldades, inclusive para supervisionar a aplicação e padronizar o processo. Mas essas dificuldades são compensadas pelas diversas vantagens em validade de constructo, melhor adequação dos níveis de dificuldade, melhor filtragem de descuidos etc.

Para níveis intelectuais e performáticos entre -2 e +2 desvios padrão, há uma correlação relativamente forte entre inteligência e performance mental, de modo que nesse intervalo pode-se medir a performance como método indireto para estimar a inteligência. É basicamente isso que se faz nos testes de QI, SAT, GRE, ACT etc.

Essa faixa de -2 a +2 desvios padrão inclui cerca de 95% da população. Fora desse intervalo, os escores medidos em testes de performance vão se tornando cada vez mais inadequados para estimar a inteligência.

Enquanto os escores ficam na faixa de -2 a +2 desvios padrão, é fácil medir a inteligência com base na performance, mas à medida que os escores vão aumentando, torna-se mais difícil continuar medindo corretamente os aumentos ou diminuições na inteligência com base nos testes de performance.

Além disso, mesmo dentro do intervalo citado, os testes de 40 minutos, como o Raven, ou testes que levam algumas poucas horas, como o WAIS, medem uma variável que pode variar amplamente (performance mental), tornando mais difícil comparar os resultados antes e depois, para conferir se houve de fato aumento e quanto foi esse aumento.

Para compreender melhor esses efeitos, vamos prosseguir na analogia com peso e altura. Duas dietas diferentes, A e B, podem ser adotadas por uma pessoa durante 6 meses cada e depois verificar os

resultados: a dieta A pode produzir uma diminuição de 7,1 kgf enquanto a dieta B pode produzir uma diminuição de 6,7 kgf, mas diversos fatores extrínsecos aos regimes também estiveram interferindo no peso, e como a diferença entre os resultados foi pequena, significa que há um risco considerável de que o resultado não seja capaz de apontar com segurança qual foi o regime mais eficaz, inclusive porque a própria balança usada nas duas pesagens pode apresentar erro de tamanho similar à diferença observada. Mesmo que as medições tenham sido confiáveis, numa balança bem calibrada, dependendo de qual dos regimes foi praticado antes, o peso da pessoa e as condições gerais em que ela se encontrava não eram os mesmos nos dois regimes, nem as condições climáticas, psicológicas e fisiológicas(*). Para que a comparação seja justa e eficiente, a análise precisa ser muito mais cuidadosa.

[(*) climáticas inclui variações gravimétricas, variações por empuxo, inclusive mudança de altitude, imersão em fluidos mais densos, como a água etc.; fisiológicas inclui mutilações, variações metabólicas com a idade, substituição de tecido adiposo por muscular etc.]

Para simplificar nesse exemplo, suponhamos que um regime “C” produz uma redução de 16 kgf em 1 ano, enquanto o outro regime “D” produz um aumento de 0,4 kgf em 1 ano. Nesse caso fica fácil perceber um dos regimes funcionou muito melhor e também fica fácil perceber que é possível e relativamente fácil modificar o peso adotando determinados hábitos. Mas quando se trata de alterar a altura, a situação muda. É muito mais difícil aumentar ou diminuir a altura de forma duradoura e em proporções sensíveis.

A diferença entre o comprimento de uma pessoa deitada e em pé varia cerca de 2 cm a 3 cm devido à pressão sobre as vértebras da coluna, mas isso não é uma variação permanente nem cumulativa. Os astronautas também experimentam esse efeito, mas quando retornam, suas colunas voltam a ser pressionadas pela gravidade e eles voltam ao tamanho original. Existem procedimentos cirúrgicos para aumentar a altura e, dependendo da idade, também existem tratamentos hormonais. Mas para pessoas adultas (mais de 25 anos) é muito difícil aumentar permanentemente a altura sem intervenções cirúrgicas.

No caso da inteligência, a questão é muito mais complexa – desde a correta conceituação de “Inteligência” até os processos adequados para medição –, por isso não seria possível discutir, nesse pequeno espaço, com a necessária profundidade, mas esse tema é analisado num capítulo inteiro do

“Livro de ouro da inteligência”. O que podemos dizer, aqui, de forma resumida, é que é, sim, possível aumentar a inteligência de forma duradoura e cumulativa. Mas a maneira como isso deve ser feito é completamente diferente dos métodos milagrosos difundidos até agora.

Essa declaração categórica de que é possível aumentar a inteligência não pode ser “jogada ao vento”, porque tem sido um tema muito polêmico, inclusive porque os pesquisadores mais sérios afirmam que não é possível, enquanto os vendedores de ilusão dizem que é possível.

Para compreender melhor esse problema, vamos analisar a lenda do chinês Wan Tu(*), que teria viajado até a Lua no século X, montado numa cadeira com alguns rojões por baixo. Para o nível de conhecimento daquela época, algumas pessoas poderiam acreditar que fosse realmente possível impulsionar uma cadeira dessa forma até chegar à Lua. Porém as pessoas mais cultas compreendiam que isso não fazia sentido, porque conheciam a distância aproximada da Lua desde os tempos de Hiparco, tinham noções sobre o impulso necessário para que um projétil subisse até determinada altitude, sobre quanto precisariam aumentar o impulso para que a altitude crescesse em determinada proporção, entre outros impedimentos.

Por isso as pessoas mais instruídas e sensatas estavam inclinadas a defender a tese de que não era possível viajar até a Lua, pelo menos não com a tecnologia disponível e, em particular, não montado numa cadeira. Mas pessoas com pensamento muito à frente de seu tempo poderiam pensar na possibilidade de que no futuro talvez fossem desenvolvidas novas tecnologias que permitissem viajar de fato até a Lua, mas certamente essas tecnologias seriam bem diferentes de colocar rojões sob uma cadeira. E pessoas que além de estarem à frente de seu tempo, se tivessem à disposição os recursos necessários, poderiam talvez planejar soluções efetivas para um empreendimento desse porte, como de fato acabou acontecendo séculos depois.

[(*) Veja mais detalhes sobre a lenda de Wan Tu em https://www.saturnov.org/news/ganharmf]

Essa lenda é interessante porque mostra que um raciocínio “correto” pode conduzir a uma conclusão errada (de não ser possível viajar à Lua), enquanto um pensamento completamente errado pode levar a algumas crenças corretas por mera sorte. Mostra também que um raciocínio “correto”, porém incompleto e superficial, baseado apenas nos conhecimentos disponíveis numa época, impõe limites que muitas vezes

não existem, sendo apenas questão de tempo até que aqueles supostos limites sejam superados. O pensamento apodíctico é extremamente cuidadoso na avaliação sobre quais limites são reais e quais são apenas preconceitos e erros de julgamento, ou limites transitórios, ou locais.

No caso de Wan Tu, se alguém tentasse utilizar rojões numa cadeira para ir à Lua, além de não conseguir, provavelmente sofreria várias queimaduras graves e fraturas com a queda, depois de ser arremessado em chamas para cima. Alguém que concluísse que não é possível não sofreria danos, mas não progrediria. As pessoas que percebessem as limitações daquele método específico, mas continuassem a investigar outras possibilidades, poderiam encontrar uma solução realmente eficaz.

No caso da viagem à Lua, levou quase mil anos desde Wan Tu até que esse empreendimento se tornasse realidade para os EUA e um pouco mais de tempo até que a China também repetisse essa proeza. Portanto a tese de que é possível viajar à Lua é correta, mas não da maneira como se pensava.

No caso de aumentar a inteligência, a situação é análoga. É possível, porém não pelos métodos tentados até agora. O aumento ocorre por meio de exercícios mentais. A leitura de conteúdos que estimulam o pensamento crítico e a criatividade, enriquecida com comentários sobre como analisar diferentes situações, é um dos melhores métodos para desenvolvimento intelectual. No Xadrez, o estudo de partidas comentadas por grandes jogadores continua sendo o método mais eficaz para aprender, e basicamente o mesmo vale para a inteligência de modo mais abrangente.

Aumentar a inteligência não é um processo rápido, nem simples, nem fácil. Requer muito esforço e dedicação, mas a recompensa é inestimável, porque transforma completamente a vida da pessoa, a maneira como ela lida com o mundo, com a sociedade e com o próprio conhecimento.

A proposta dessa série de livros é exatamente essa: expandir a mente das pessoas por meio de uma sucessão de exemplos de pensamentos profundos e bem estruturados, analisados criticamente com um padrão de qualidade absolutamente sem paralelo. Há vários livros que simplesmente jogam ideias de grandes filósofos e cientistas na frente do leitor, sem qualquer análise crítica, apenas expondo os pensamentos que tiveram, sem apontar os erros que cometeram, sem discutir as dificuldades que enfrentaram durante o processo de criação, sem analisar os degraus que

precisaram ser escalados até alcançar cada descoberta. São livros rasos, meramente descritivos, e nas raras vezes em que analisam algo, não dizem nada além do óbvio. Esse é um dos grandes diferenciais dessa obra.

A maioria das pessoas se intimida diante a nomes famosos, acolhendo ao que eles “ensinam” sem questionar. Esse é um dos erros mais graves e mais amplamente cometidos, porque é justamente a atitude contrária que tem produzido todos os avanços da Ciência ao longo da História. Mas questionar as autoridades não é algo que se deve fazer de maneira amalucada, por simples rebeldia. A forma correta se questionar a autoridade é simplesmente mantendo a mente aberta a alternativas, enquanto se recebe qualquer tipo de informação. Essa é a essência: manter a mente a aberta a alternativas. Simples de falar, mas extremamente difícil de colocar em prática, e é exatamente isso que será ensinado e exercitado aqui.

Muitos dos temas aqui abordados são extremamente complexos, mas ao mesmo tempo são apresentados de forma didática e acessível, e o mais importante é que em cada análise revelamos aspectos até então impensados, sobre tópicos que vinham sendo debatidos há séculos no meio acadêmico, sem que ninguém antes tivesse percebido as nuances sobre as quais chamamos a atenção, e demonstramos que essas nuances são de capital importância para a correta compreensão do assunto. Um exemplo marcante é minha nova fórmula para o IMC, que vinha sendo calculado incorretamente há mais de 160 anos.

Esse livro não tem o objetivo de transformar você em um gênio, mas sim libertar o gênio que provavelmente já existe em você, desde que você nasceu. Esse gênio talvez esteja adormecido, faminto e fragilizado pelo sedentarismo intelectual. Se já estiver acordado, precisa crescer e se aprimorar. Se estiver dormindo, agora é hora de acordá-lo e deixar que ele se manifeste, cresça e contribua para transformar o mundo num lugar melhor.

1. POR QUE ALGUNS SONS SÃO MAIS AGRADÁVEIS QUE OUTROS?

Aparentemente não se conhecia a resposta a essa pergunta, assim como para muitas outras que são apresentadas aqui e nos volumes seguintes. Ou talvez até houvesse alguma resposta, mas era bastante insatisfatória. Nesse caso, por exemplo, coloquei a pergunta para o GPT, que respondeu *"A percepção de um som como agradável ou desagradável é subjetiva e depende da preferência individual de cada pessoa. No entanto, existem algumas características físicas e psicológicas que podem influenciar essa percepção. Uma das principais características é a sua frequência. Sons de frequência mais baixa, como os produzidos por instrumentos de corda grave ou por vozes masculinas, são muitas vezes percebidos como mais agradáveis e tranquilizantes, enquanto sons de frequência mais alta, como os produzidos por instrumentos de percussão agudos ou por vozes femininas, são frequentemente associados a uma sensação de energia e excitação."* E o GPT prosseguiu nessa linha, com uma "resposta" vazia, que não esclarece nada sobre o que foi questionado. Considerando que o GPT foi treinado em vastos acervos literários, sites e repositórios de artigos científicos, se houvesse boas respostas para essa pergunta, provavelmente ele teria extraído seu texto delas e teria oferecido alguma explicação.

O principal problema com essa resposta é que as pessoas que escreveram os textos sobre esse tema, que serviram de base para o treinamento do GPT, aparentemente não compreendiam e não procuraram compreender o porquê de alguns sons serem mais agradáveis. Em vez disso, tentaram impor um palpite a priori, assumindo a hipótese de que os sons mais graves e mais agudos seriam apreciados em níveis diferentes.

É uma hipótese com alta probabilidade de ser correta, mas é ingênua e não explica a fenomenologia subjacente.

Ao que parece, tentaram investigar se havia predominância de predileção ou repulsa por sons com essas características. Obviamente encontraram a diferença procurada, mas não porque houvesse uma relação

causal e sim porque ao aplicar uma análise discriminante(*), os sons mais graves quase certamente não apresentaram mesmo nível de aceitação que os sons mais agudos, e dependendo das variáveis consideradas na análise, a diferença seria um resultado inevitável.

[(*) análise discriminante é uma ferramenta estatística que possibilita estratificar elementos em grupos. Difere da análise de clusters por partir de uma classificação a priori, em vez de procurar descobrir classes diferentes que estejam naturalmente presentes na estrutura de dados. Difere também em outros aspectos, inclusive por gerar uma equação por meio da qual se pode classificar novos elementos num dos grupos, mas para o caso em questão, a característica relevante é a do parágrafo anterior]

Essa “explicação” é um erro lógico, estatístico e epistemológico. Na verdade, nem sequer é uma explicação. Conforme comentei no início, é uma resposta vazia. É como supor que nos dias em que são vendidos mais sorvetes ocorrem mais afogamentos. Obviamente é isso que acontece, mas seria um erro acreditar que tomar mais sorvete aumenta o risco de se afogar, ou acreditar que afogar pessoas ajuda a vender mais sorvetes. Um grupo de eventos não explica o outro nem o contrário.

Nesse exemplo, o fato que precisaria ser descoberto é a causa subjacente a ambas: em dias mais quentes, aumenta tanto a venda de sorvetes quanto a tendência de pessoas entrarem na água. Portanto a “resposta”, na verdade, não esclarece nada.

Na plataforma onde essa pergunta foi postada, as “melhores” respostas (ou menos piores) foram todas na mesma linha do GPT. Isso parece corroborar que realmente não se conhecia uma resposta para isso. Então tentei improvisar uma explicação que me parece plausível:

Ao longo de nossa história evolutiva, nossos sentidos, sentimentos e opiniões foram selecionados de modo a maximizar nossa probabilidade de sobrevivência e gerar descendentes. Nesse contexto, organismos mais eficientes em evitar sons, sabores e odores potencialmente nocivos ou perigosos tendem, em média, a sobreviver mais tempo, gerar mais descendentes e transmitir essa característica.

Um ambiente com muitos pássaros cantando geralmente indica baixo risco, caso contrário os pássaros fugiriam dali. Se houvesse uma erupção vulcânica, incêndio ou um predador estivesse por perto, os pássaros não estariam ali. Em contrapartida, sons de explosões, desmoronamentos (ruídos de rochas se esfregando), indicam geralmente um ambiente de risco. Portanto os sons contribuem tanto no sentido de indicar locais seguros quanto no sentido de alertar sobre locais perigosos.

Não apenas os humanos, mas bem antes de nós, os animais que repudiavam sons que indicam baixo risco e/ou apreciavam sons que indicavam alto risco tinham menor probabilidade de sobrevivência e de gerar descendentes do que aqueles que reagiam ao contrário disso, de modo que, com o passar de muitas gerações, as populações que gostavam de sons perigosos e não gostavam de sons de ambientes seguros foram gradualmente reduzidas, chegando à extinção em alguns casos, enquanto as populações com preferência contrária foram se tornando mais populosas.

Claro que nem todos os sons irritantes indicam risco e nem todos os sons agradáveis indicam baixo risco. Isso é um processo estatístico, porque ao mesmo tempo que esses sons indicam risco, carregam muitas outras informações, e a seleção natural se dá por meio de um conjunto de fatores combinados, não por cada fator isolado. Por isso, em alguns casos nos quais o risco indicado pelo som é mais relevante do que outros indicativos do mesmo som, acaba produzindo tal efeito, mas outros não. Sons de rugido de feras, por exemplo, não geram repulsa, e são até apreciados (motores de carros com som semelhante ao rugido de leão, por exemplo), porque embora as feras representem perigo, elas também podem servir de alimento ou indicar presença de presas próximas, ou restos de presas que elas não comeram. Por isso era interessante estar alerta à presença de feras, mas não necessariamente evitar ficar perto delas nos casos em que o objetivo fosse caçar essas feras. Era diferente da situação nos casos de sons que prenunciassem desmoronamentos, pois não haveria alguma compensação positiva em permanecer no ambiente.

2. O OBJETIVO DA CIÊNCIA É ATINGIR A VERDADE?

Não. É desenvolver modelos matemáticos com poucos parâmetros que descrevam acuradamente todos ou, pelo menos, grande parte dos fenômenos de determinada classe, e harmonizar, tanto quanto possível, todos os modelos que descrevem todos os fenômenos conhecidos de diferentes classes, preservando a consistência interna da teoria geral que unifica esses modelos.

Vivemos numa época em que não é possível conciliar os modelos para Relatividade Geral e Mecânica Quântica, por exemplo, além de outras inconsistências menores, mas há remendos razoáveis para se operacionalizar os resultados e fazer algumas previsões não muito destoantes dos resultados experimentais.

Ciência é modelagem de dados acompanhada de explicações conceituais sobre os porquês de os fenômenos se comportarem em conformidade com estes modelos.

A Ciência pode ser interpretada como uma busca incessante pela Verdade que se oculta por trás das aparências, mas não é possível alcançar essa Verdade de forma completa e exata, nem é possível assegurar que as estruturas dos modelos usados para representar a realidade sejam similares às estruturas dos próprios fenômenos.

O modelo de Ptolomeu, por exemplo, permitia fazer previsões muito precisas e acuradas. Com ajustes adicionais, poderia ficar ainda mais preciso e mais acurado. Era um modelo muito útil para representar as projeções em 2D das posições dos planetas, e essas posições eram as informações disponíveis na época, entretanto a estrutura do modelo era dramaticamente diferente da estrutura real dos objetos que o modelo tentava representar, que inclui localizações em 3D (distâncias), tamanhos reais e aparentes etc.

A maior parte da Ciência que conhecemos é feita de maneira muito semelhante, com o mesmo tipo de limitação. Isso certamente afeta tudo que conhecemos ou julgamos conhecer, especialmente quando se trata de

conhecimentos na vanguarda da Ciência, como matéria escura, energia escura, quarks etc. Essas entidades são componentes “convenientes” para que os modelos funcionem, para que possamos fazer previsões e generalizações, mas não há razão para acreditar que o mundo “real” seja semelhante à representação matemática que adotamos.

Nos casos de teorias mais antigas e “sobreviventes” (Gravitação, por exemplo), bem testadas numa variedade de situações, podemos depositar mais confiança em que a realidade senciente seja estruturalmente semelhante a esses modelos. Mas nos casos de modelos mais recentes ou que tratam de casos extremos (objetos muito distantes, muito pequenos etc.), são ainda muito especulativos e atravessam uma fase incipiente de corroboração. Nas teorias mais antigas, o fato de podermos confiar mais nelas não significa que sejam corretas, mas geralmente são representações mais completas e mais acuradas, mais úteis para predições confiáveis e para generalizações mais abrangentes.

3. QUAL É A MELHOR TECNOLOGIA MILITAR DO MUNDO?

A utilizada na guerra entre Dinamarca e Canadá, desde 1984, pela posse da ilha Hans, em que os canadenses vão até a ilha, colocam sua bandeira, deixam uma garrafa de uísque canadense para os inimigos e vão embora. Em seguida, os dinamarqueses enviam seus soldados, que removem a bandeira do Canadá, colocam a bandeira da Dinamarca, deixam uma garrafa de líquor dinamarquês para os inimigos, e vão embora. E isso tem se repetido nas últimas décadas. É a melhor tecnologia militar em uso e todas as guerras deveriam ser assim, ou aprimoradas trocando as bebidas por chocolates.



4. POR QUE APRENDEMOS BHÁSKARA? EM QUE MOMENTO DA VIDA VAMOS USAR ESSA FÓRMULA?

Tanto os que gostam de Matemática quanto os que não gostam sabem que a grande maioria das pessoas nunca usa na vida a fórmula para encontrar as raízes de uma equação quadrática, que no Brasil – diferentemente de outros países – é conhecida como “fórmula de Bhaskara”, ou simplesmente “Bhaskara”.

Entretanto, algumas pessoas acham que se inventarem falácias para fingir que essa fórmula tem ampla utilidade, estarão com isso defendendo a “honra da Matemática”. Por ironia do destino, ao agirem assim, tais pessoas estão, na verdade, violando a Lógica, que é a base da Matemática. De outro lado, quem critica o Sistema de Ensino por forçar a memorização dessa fórmula, essa pessoa está de fato pensando matematicamente, criticamente e com lógica, ou seja, está exaltando a verdadeira essência da Matemática.

Os “conteúdos” que são “empurrados goela abaixo” nos alunos, no processo de adestramento que chamam “Sistema de Ensino”, são muito mal planejados, e a fórmula de Bhaskara é apenas um dos vários problemas nesse processo de “estupidificação” das crianças e dos jovens.

O problema não é que a fórmula para resolver equações quadráticas não seja útil. Ela é útil para quem atua em áreas muito específicas, mas não para a maioria das pessoas, entretanto todas as pessoas são igualmente obrigadas a memorizá-la e operacionalizá-la, sem perspectivas de que algum dia terão necessidade de usá-la. Na verdade, o problema é muito maior do que isso, porque mais de 90% dos “conteúdos” da grade curricular não servem para quase nada para a maioria das pessoas. Nesse contexto, a obrigatoriedade de memorizar e repetir a fórmula de Bhaskara é somente a ponta do iceberg, e a catástrofe educacional não termina por aí, porque mesmo que tais conteúdos pudessem ter alguma serventia, as crianças não os aprendem de fato, nem sequer os memorizam; apenas fingem ter

memorizado, repetem as informações nas provas para cumprir o ritual, depois se esquecem, tornando todo esse processo um grande desperdício de tempo e de recursos.

O problema vai ainda muito mais longe, porque mesmo que os conteúdos fossem úteis para todas as pessoas e mesmo que fossem compreendidos – em vez de serem apenas memorizados –, ainda faltaria o principal, porque não existe um incentivo ao desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade, da inovação, que são os impulsionadores e edificadores do progresso de uma civilização. Mais grave ainda: quando alguém manifesta um pensamento crítico, apontando falhas nesse sistema, essa pessoa é vorazmente atacada e condenada, porque a expectativa do sistema é formar rebanhos condescendentes que aceitam qualquer coisa que o sistema lhes impõe, aplaudem, sem reclamar, e repetem sem analisar e sem compreender, e continuam a repetir tanto quanto podem.

Existem alguns poucos conteúdos úteis na grade curricular, mas estes não recebem a devida atenção e perdem-se no meio das montanhas de “conteúdos” inúteis.

Aprender porcentagem, por exemplo, é extremamente útil, assim como regra de três, mas o aluno termina a faculdade sem saber porcentagem nem regra de três. Em vez de gastar um tempo imenso com dezenas de tópicos que o aluno típico nunca usará para nada, o correto seria focar no aprendizado dos conteúdos que todos os alunos usarão numa grande variedade de situações.

WAIS (*Wechsler Adult Intelligence Scale*) é o teste cognitivo de aplicação individual mais usado no mundo, que desde 1939 foi aplicado a dezenas de milhões de adultos. A questão mais difícil do WAIS III utiliza regra de três composta, e apenas 1 em cada 740 pessoas da população em geral acerta todas as questões do sub-teste de Aritmética do WAIS, o que leva à conclusão de que apenas 1 entre algumas centenas de pessoas sabe usar regra de três composta, ou seja, mais de 99% da população adulta não sabe usar regra de três composta.

Porcentagem e regra de três são talvez os dois conteúdos mais importantes para uso cotidiano, porque permitem calcular juros compostos, resolver problemas típicos do comércio, construção civil, permitem saber se um produto está mais barato do que outro comparando quantidade e preço, permitem fazer meia receita de um bolo etc. Mesmo assim, ao longo de 11

anos de Ensino Fundamental e Médio, a pessoa não aprende essas coisas. Em vez disso, a pessoa é adestrada para fingir que memorizou uma extensa de lista de outros “conteúdos”, numa encenação circense, em que todo mundo sabe que a pessoa não aprendeu nada, apenas memorizou para obter notas na prova. Se essa mesma prova fosse aplicada três semanas depois, sem avisar, 90% das pessoas que haviam sido aprovadas não conseguiriam a nota mínima.

Isso é um nítido atestado de improdutividade e ineficácia do processo educacional. É “educacional” apenas no nome, porque na realidade trata-se de um adestramento – um adestramento malfeito, diga-se de passagem, porque até mesmo nos adestramentos, quando bem realizados, os cachorros se lembram dos truques que foram treinados para executar e são capazes de reproduzir esses truques pelo resto da vida, enquanto o sistema de adestramento escolar é aplicado de maneira que mais de 90% dos truques são esquecidos. As pessoas são tratadas pelo sistema educacional como se fossem menos capazes do que cachorros.

Literalmente um sistema “educacional” “idiotificante”, porque se em vez de desperdiçar tempo com essas encenações bizarras, para fazer de conta que os alunos estão aprendendo algo, se os 11 anos fossem utilizados para aprender de verdade o que realmente importa, essas pessoas seriam muito mais capacitadas e mais produtivas, resultando em muito mais benefícios para toda a comunidade.

Alguns conteúdos precisam ser memorizados, tais como o alfabeto, o formato das letras, os sons das sílabas, os números e o sistema de contagem, operadores aritméticos e lógicos, talvez até tabuadas, mas outros conteúdos deveriam ser compreendidos. Além disso, deveria haver um estímulo à curiosidade para que as crianças sentissem vontade de aprender, e encontrassem no conhecimento um prêmio a ser desfrutado.

Em vez de empurrar nas crianças um volume imenso de informações maçantes e rasas, e forçá-las a engolir, seria interessante construir situações que despertassem a curiosidade da criança, fazendo com que ela própria desejasse conhecer as respostas para determinadas perguntas. A criança deveria perceber o poder que o conhecimento confere a quem o possui, para que ela se empenhasse para adquirir esse superpoder.

Toda criança sonha em se tornar um super-herói, poder voar, ser mais rápida, mais forte, etc., e é exatamente isso que o conhecimento proporciona. Graças à Ciência podemos voar, podemos nos locomover mais

rápido que o som, nos tornamos muito mais fortes do que todos os outros animais por uma larga margem. Em nosso estágio atual, esse poder não é inerente aos nossos corpos, mas incorporamos esse poder por meio de extensões como aviões, automóveis, guindastes, computadores etc., e num futuro próximo, esses dispositivos se tornarão próteses cada vez menores e mais aderentes a nossos corpos. Há 70 anos um computador ocupava um prédio inteiro, mas hoje levamos no bolso um computador muito mais potente e com muito mais recursos. Daqui a menos de 70 anos, o computador estará implantado sob nossa pele e conectado ao nosso cérebro via wi-fi, poderemos vestir exoesqueletos que nos permitirão voar, submergir, correr mais rápido, ficar invisíveis, enxergar e ouvir melhor e mais longe, fazer mais do que vemos nos filmes do homem de ferro, por exemplo.

Mas os maiores superpoderes não são esses. Os superpoderes realmente mais importantes e valiosos são aqueles que possibilitam a criação destes, ou seja: o conhecimento, a capacidade analítica, a capacidade de enxergar além do óbvio e penetrar na essência de tudo, conhecer a essência de tudo, compreender como tudo funciona, e esse superpoder já está acessível hoje, já estava acessível aos antigos gregos, egípcios e mesopotâmios. E é esse superpoder que a escola deveria colocar à disposição das crianças, fazer com que elas percebessem o quão inestimável é a oportunidade que elas têm de adquirir esses superpoderes.

Um dos motivos pelos quais Harry Potter fez um gigantesco sucesso é porque relata a história de um menino que recebe conhecimentos que conferem a ele poderes especiais. Uma estória falsa, mas existe uma história verdadeira a ser contada, na qual as crianças podem adquirir superpoderes reais e muito maiores do que aqueles relatados nessa fantasia. A Ciência coloca em nossas mãos um poder muitas ordens de grandeza maior do que qualquer estorieta de magia, além de ser um poder real.

Isso não significa que o sistema deveria ser moldado para se ajustar às crianças. É quase o contrário. As crianças é que precisam se ajustar ao sistema, mas o sistema precisa ser bom, estimulante, útil, promissor, para que sirva como modelo, entretanto o sistema atual é tão desastrosamente ineficaz que precisaria melhorar muito para chegar a ser péssimo.

O sistema atual é planejado e executado para produzir “idiotas” em série. Em 2019, a mãe de minha namorada adotou um menino que estava com notas abaixo da média, com rótulo “Insuficiente”. Em 41 dias minha

namorada ensinou a ele o conteúdo do ano todo, e a partir do ano seguinte ele passou a ser o melhor aluno da escola, com notas MB (máxima) em todas as disciplinas. Portanto é possível cobrir o conteúdo de 365 dias em 41 dias, e com resultados muito melhores do que os produzidos pelas vias convencionais.

Claro que poucos professores no Brasil e no mundo teriam condições de ensinar tão bem quanto minha namorada, mas se eles pelo menos tivessem um bom modelo para seguir, os resultados seriam muito melhores do que tem sido observados. As escolas militares, por exemplo, têm alguns pontos positivos e outros negativos, mas no conjunto são melhores do que outras escolas, porque a falta de disciplina e de respeito pelos professores é um dos problemas, a memorização ostensiva é outro problema, a ausência de estímulo ao pensamento crítico é um dos problemas mais graves, a ausência de compreensão dos conteúdos aliada à falta de estímulo à criatividade são talvez os mais graves de todos os problemas, porque isso se arrasta até o doutorado. A improdutividade é levada até os níveis mais altos, esterilizando completamente a Ciência e a Filosofia, tolhendo todo tipo de criação intelectual de alto nível.

O IMPA talvez esteja razoavelmente imune, mas todas as outras instituições brasileiras estão gravemente contaminadas. Como já discuti essa questão com boa profundidade em outros livros, não vou repetir tudo aqui.

Alguns professores de Matemática, em vez de admitir o problema e tentar contribuir para resolver, repudiam as críticas e respondem com falácias rasas e óbvias. Isso agrava ainda mais a rejeição de muitas pessoas ao sistema educacional. Qualquer pessoa sensata e imparcial percebe que bem poucas pessoas usam a fórmula de Bhaskara, entretanto TODAS são obrigadas a memorizar e repetir essa fórmula.

Com a atitude desses professores, consolida-se uma situação polarizada em que, de um lado, um grupo de pessoas se levanta em defesa de que a “fórmula de Bhaskara” deveria continuar a ser ensinada porque é útil. De outro lado, um grupo de outras pessoas se levanta para dizer que algumas pessoas nunca usarão essa fórmula.

Portanto não há uma discordância real entre esses dois grupos, mas agem como se houvesse. A tese que um dos grupos defende não se opõe à tese do outro grupo. Nenhum deles enxerga os problemas reais que

precisam ser resolvidos, ficam perdendo tempo discutindo aspectos irrelevantes, enquanto os problemas reais continuam crescendo.

É evidente que a fórmula para resolver equações quadráticas não deveria fazer parte da grade curricular do ensino médio nem do fundamental, e muito menos ser decorada, como acontece. O problema é que não se trata apenas da fórmula de Bhaskara e o Teorema de Pitágoras. A lista de conteúdos inadequados é gigantesca, cobrindo praticamente 95% da grade curricular, que está repleta de inutilidades relativas e absolutas.

O que chamo "inutilidades relativas" são os conteúdos que podem ter utilidade para poucas pessoas, mas são inúteis para a maioria, mesmo assim são "empurradas" para serem decoradas por todas as pessoas, consumindo inutilmente o tempo das pessoas que são obrigadas a memorizá-las e das que são obrigadas a forçá-las a memorizar. Esse mesmo tempo poderia ser muito mais bem aplicado de diferentes maneiras.

Nas boas universidades e institutos de pesquisa, como MIT, NASA, CERN, FermiLab, Oxford, Harvard, Princeton, Cambridge, Berkeley, IMPA etc., existe um incentivo à produção intelectual original, ao desenvolvimento do pensamento crítico, à produção de Ciência e Matemática. No Brasil isso não existe. Pior do que isso, além de não haver incentivo, existem vários mecanismos de boicotes e desestímulo à produção intelectual de alta qualidade.

O IMPA, embora esteja geograficamente dentro do território brasileiro, infelizmente não pode ser considerado uma instituição de ensino brasileira, sob uma perspectiva educacional, porque em vez de se limitar às diretrizes do MEC, adota seus próprios métodos, e justamente por isso se tornou um instituto de boa qualidade.

Aliás, o IMPA é severamente penalizado por estar no Brasil e sujeito às limitações impostas pelo MEC, que atrasam dramaticamente a evolução de alguns pesquisadores, dificultando a produção acadêmica de alto nível, que seria bem maior se o IMPA ficasse numa ilha, livre das perturbações deletérias do sistema educacional brasileiro.

Citarei apenas um exemplo, para ilustrar essa situação: um dos professores do Artur Ávila queria reprová-lo por faltas, com amparo nas normas do MEC, embora as notas do Artur fossem excelentes na graduação, mas ele fazia graduação simultaneamente com seu doutorado, por isso não podia comparecer a todas as aulas da graduação.

O fato de muitas pessoas não saberem quem é o Artur já constitui outro problema gravíssimo. Todos os brasileiros sabem quem é ou foi Ronaldo, Ronaldinho, Romário, Garrincha, Vini Jr. e Neymar, que se tornaram famosos porque têm ou tiveram os pés mais habilidosos do Brasil. Porém poucos sabem quem são ou foram Newton da Costa, Artur Ávila, Gugu, Codá, Saldanha, Schenberg, Wataghin, Nachbin, Perdigão, Peixoto, Palis, pessoas reconhecidas por terem algumas das “cabeças” mais habilidosas. Algo está errado num país que valoriza mais os pés do que as cabeças.

Não digo que os pés não devam ser valorizados. Todos os talentos precisam ser reconhecidos. O problema está na inversão da escala de valores, colocando entretenimento com pés acima da produção útil com a mente.

O problema, portanto, vai muito além da inutilidade dos conteúdos de matemática, história, geografia, biologia, física etc. O sistema educacional é tão ridiculamente ruim que na Idade Média, desde o século XII, os métodos utilizados eram muito superiores aos atualmente usados no Brasil.

Na Idade Média eram promovidos debates nos quais o professor escolhia um tema para a aula e sorteava um aluno. Esse aluno escolhia se preferia defender determinado ponto de vista sobre aquele tema ou o ponto de vista contrário. Por exemplo, alguma opinião controversa de Aristóteles que tivesse sido contestada por algum outro pensador. Então o aluno argumentava em defesa de seus pontos de vista, enquanto os outros alunos argumentavam contra ele, todos sob orientação do professor, que arbitrava o debate e comentava os erros de lógica cometidos por cada lado. Um excelente exercício para desenvolver o pensamento crítico, a capacidade de argumentação, o raciocínio lógico e a criatividade.

Em contraste a isso, as crianças e jovens atuais nem sequer entendem o que diz o enunciado de uma pergunta básica com 2 linhas, e para tentar escolher a alternativa certa, procuram identificar no enunciado algumas palavras-chave que possam ter relação com a resposta; depois procuram no texto de referência pelas mesmas palavras. Ao encontrar, copiam o trecho um pouco antes e um pouco depois, sem que tenham compreendido o que está escrito no enunciado e muito menos o que está no texto. Como as alterativas são óbvias, ela geralmente marca a alternativa certa, tira nota suficiente e é aprovada.

Em matemática – ou melhor, naquilo que dizem ser "matemática" –, as crianças são adestradas para repetir operações mecanicamente, sem compreender nada do que estão fazendo. Memorizam algumas fórmulas e sabem que no enunciado aparecem alguns números que elas precisam tirar do enunciado e substituir na fórmula. Isso chega até a Universidade, conforme constatou Feynman, quando esteve no Brasil. Na principal instituição de ensino do Brasil na época, Feynman fez algumas perguntas básicas a estudantes universitários, que nem sequer interpretavam o que ele estava dizendo. Os mesmos alunos eram capazes de operacionalizar algumas ferramentas para as quais haviam sido bem adestrados, resolviam integrais triplas, sem problemas, mas não percebiam a conexão entre os elementos de uma equação e as entidades e os processos físicos que aqueles elementos representavam. Naturalmente eles "sabiam" que aquelas equações estavam associadas àqueles fenômenos físicos porque as palavras envolvendo os nomes daqueles fenômenos apareciam na mesma aula que apresentava aquelas fórmulas, porém eles não compreendiam como as propriedades da estrutura da equação mapeavam as propriedades equivalentes dos fenômenos físicos, nem compreendiam de que maneira alguma mudança nos fenômenos físicos exigiria uma mudança equivalente nas equações para que pudessem continuar representando adequadamente aqueles fenômenos. Ou seja: haviam sido treinados para repetir, mas não eram capazes de pensar.

Por isso quando uma pessoa se levanta para criticar a o ensino da fórmula de Bhaskara e do Teorema de Pitágoras, em vez de combater essa pessoa, ela deve ser ouvida com atenção e suas críticas devem ser analisadas com muito cuidado, para verificar em que medida essa crítica é procedente. Um dos maiores problemas da humanidade é a incapacidade de assimilar críticas. Inclusive há vários provérbios que repetem a mesma ideia com pequenas alterações: *"as pessoas preferem um elogio que as prejudica do que uma crítica que as beneficia"*. Essa postura é responsável pela maior parte dos atrasos no desenvolvimento da humanidade, tanto no desenvolvimento individual quanto da coletividade.

Muitos professores de matemática reagem como se a crítica estivesse sendo dirigida à fórmula em si, ou ao teorema em si, ou às próprias pessoas Bhaskara e Pitágoras, quando na verdade a crítica é direcionada ao ensino dessas ferramentas para pessoas que nunca precisarão delas na vida. Portanto a crítica está certa e se apoia em fatos concretos. Mas é uma crítica

incompleta, porque deixa de fora os numerosos outros "conteúdos" inadequados de História, Geografia, Literatura etc.

Para finalizar, gostaria de comentar uma das dezenas de respostas que foi postada nesse tópico. A maioria das respostas apresenta muitos problemas graves, geralmente nem sequer são coerentes com a pergunta. Entretanto, uma das respostas merece uma análise mais detalhada:

Afinal de contas, você usou a fórmula de Bhaskara para alguma coisa?

Responder · Seguir · 3 · Solicitar

Todos relacionados (47) · Ordenar · Recomendado

Renato Pierri · Seguir
Voto positivo por André Moreira, Licenciatura Matemática & Física, Centro Universitário Augusto Motta (2005) e Cesar A. K. Grossmann, aprendeu física na faculdade de Engenharia Elétrica da UFSM · 3 anos

Eu já usei a equação de segundo grau para resolver uma questão bem inusitada.

Há muito tempo atrás eu me meti a fazer uma tábua de passar roupa que presta, de madeira maciça e alta para não doer as costas.

Na hora de desenhar a ponta da tábua de passar roupa, todos desenhos que eu fazia ou ficavam esquisitos ou ficavam tortos e desproporcionais.

Não deu outra. Saquei uma equação de segundo grau, desenhei a parábola na tábua e a cortei.

Dar um voto positivo · 566 · 13 · 4

Adicione um comentário... · Adicionar comentário

Daniel Oliveira · 3 anos
Fantástico, minha admiração pra você!
12 · Responder

Artur Marchi · 3 anos
chique
1 · Responder

André Moreira · 3 anos
Genial!!!!!
1 · Responder

Felipe Nobrega de Salles · 3 anos
Amei, meu amigo!
1 · Responder

Roger Pereira · 3 anos
Interessante
Responder

Jheyck Werneck · 1 ano
Como aplicou?
Responder

Gabriel Da Silva · 14 de dez.
Compasso '-'
Responder

Antes de incluir esse print, consultei o autor, ele concordou e enfatizou *"Pode incluir e deve, inclusive aponte o erro. Será didático"*. Portanto, deixo aqui registrados meus agradecimentos ao Renato Pierri pela gentileza de consentir com a inclusão de sua postagem aqui.

Renato Pierri · 3h
Pode incluir e deve, inclusive aponte o erro. Será didático.

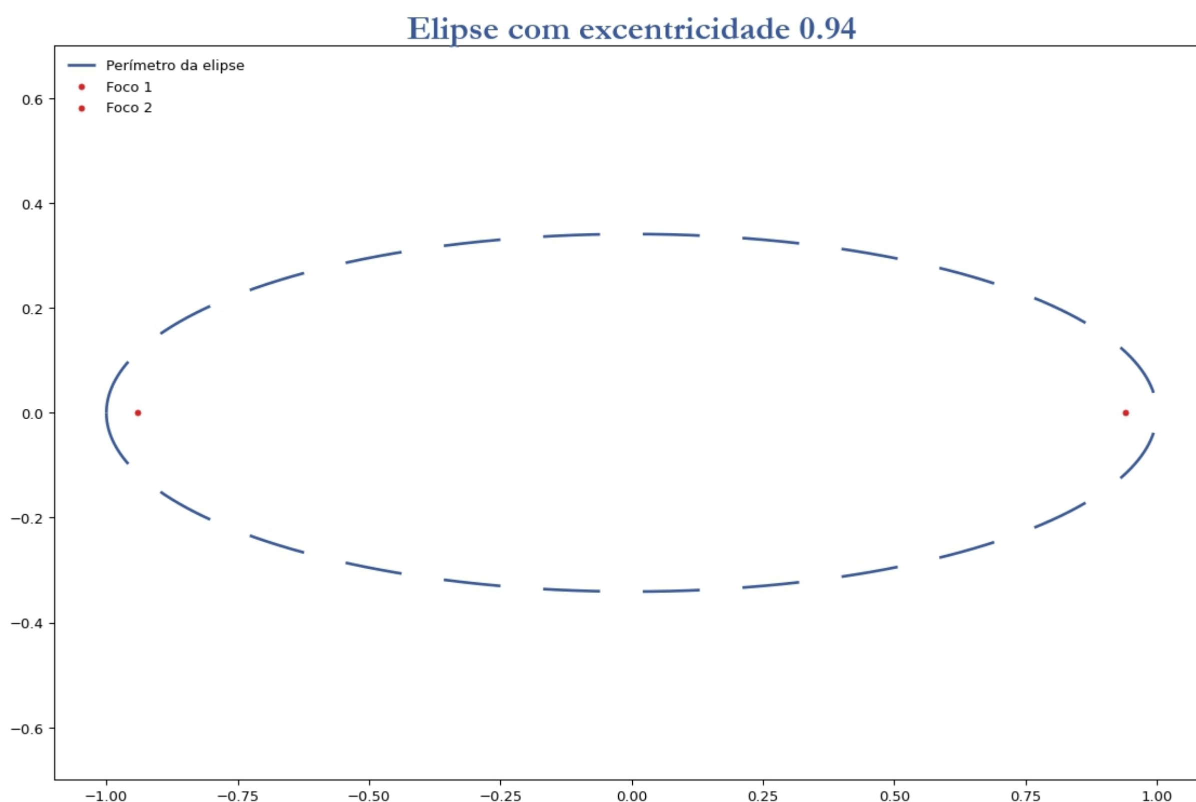
Inclusive se quiser apontar o erro nos comentários, ficará mais rica a resposta.

Me avise quando fizer.

Vamos, então, à análise: Para começar, a curva é aderente a uma elipse, não a um arco de parábola. Mas esse não é o problema mais grave. O mais grave é que não é necessário usar Bhaskara para desenhar um arco de

parábola. Além de não ser necessário, também não seria suficiente, porque a fórmula de Bhaskara só fornece as coordenadas nas quais a parábola cruza os pontos 0 no eixo *y*, mas para traçar o arco são necessários vários pontos. A seguir, vou comentar mais detalhadamente cada um desses problemas.

Fiz um ajuste rápido, usando uma linha tracejada para facilitar a visualização do contorno da borda da tábua por trás:





O ajuste ficou muito aderente, mais de 99,97% de similaridade entre o modelo e a curva real da foto. Não ficou perfeito porque existem algumas irregularidades nas bordas da tábua, o ângulo da câmera deixou a tábua inclinada, a posição da lente está mais próxima de um dos focos do que do outro, há diversos efeitos de perspectiva, distorção óptica nas bordas da lente da câmera etc. Mesmo assim, pode-se perceber que o ajuste fica "quase perfeito", dentro dos limites que podemos enxergar.

Se tentasse ajustar um arco de parábola, haveria vários problemas que exigiriam o uso de outras figuras complementares para remendar, e mesmo assim não ficaria tão aderente. Se unisse dois arcos de parábola, por exemplo, ficaria com pontas nas extremidades, em vez de uma curva suave.

O segundo problema é que não há necessidade nem utilidade da fórmula de Bhaskara para desenhar um arco de parábola. Para desenhar uma parábola, basta substituir os valores de x para encontrar os respectivos valores de y.

A fórmula de Bhaskara serve para encontrar as raízes da equação, isto é, os pontos nos quais o valor de *y* é 0 (caso haja tais pontos no domínio dos reais). Mas essa informação não é necessária para desenhar um arco de parábola. A informação necessária é uma lista de coordenadas com valores de *x* e os respectivos valores de *y* obtidos quando se substitui os valores de *x* na equação.

Os pontos dessa lista precisam estar próximos ao vértice, para que a região do arco tenha o formato adequado, e essa é mais uma razão para não usar Bhaskara, pois uma equação do tipo $y = ax^2 + bx + c$ (na qual *a, b, c* sejam diferentes de 0) dificultaria desnecessariamente a determinação de quais pontos de *x* devem ser escolhidos para atender a esse quesito. Seria mais apropriado usar $y=x^2$.

Usando $y=x^2$ o formato da curva seria idêntico ao de usar $y = ax^2 + bx + c$. Os parâmetros *a, b, c* determinam apenas a localidade da parábola no sistema de coordenadas e o tamanho relativo nesse sistema, mas como a escala é configurável, basta ajustar a escala para obter qualquer tamanho desejado com $y=x^2$.

Mas vamos supor que uma pessoa fosse “guerreira” e usasse *a,b,c* diferentes de 0, calculasse Bhaskara (mesmo sem precisar) e calculasse também os vários pontos necessários para determinar onde deveria passar o arco de parábola. A pessoa calcularia 100 valores diferentes, para gerar 100 pontos, plotaria cuidadosamente, um por um, todos esses pontos em suas posições corretas, numa folha de papel milimetrado, depois uniria, com cuidado, esses 100 pontos com um lápis, colocaria esse papel sobre a tábua e faria o corte. O resultado ainda não seria apropriado, pelos motivos descritos no início.

Além disso, claro que no mundo real, no século XXI, ninguém traça um arco de parábola com lápis e papel, a partir de cálculos manuais, exceto se for obrigado numa tarefa escolar, mas não num trabalho de verdade, porque isso pode ser feito no Excel ou em aplicativos para celular. Portanto, mesmo na hipótese de realmente precisar de Bhaskara, o cálculo não seria realizado pela pessoa, mas pelo programa, dispensando o conhecimento da fórmula, pois ela estaria implementada no programa. E não seria a fórmula

de Bhaskara que o programa usaria, mas sim alguma fórmula para cálculo de raízes quadradas.

Em suma, para desenhar uma parábola não se usa fórmula de Bhaskara e, mesmo que usasse, um arco de parábola não é adequado para solucionar o problema que foi descrito. Uma elipse seria apropriada, e não precisaria conhecer a equação de elipse para desenhar uma.

Jardineiros que não sabem quase nada de Matemática sabem desenhar uma elipse, usam isso para delimitar canteiros. Basta fixar dois pontos – pregos(*) –, que serão os focos, pegar um barbante cujo comprimento seja maior que a distância entre os focos, fixar cada extremidade desse barbante em cada foco (amarrar em cada prego), deixando uma folga, e traçar uma linha em volta dos dois focos mantendo o barbante esticado. É basicamente o mesmo processo de um compasso, porém girando em torno de 2 pontos, em vez de 1. O resultado é a curva adequada, muito mais fácil de desenhar, esse procedimento traça o perímetro inteiro e não precisa de nenhuma fórmula.

[(*) Usei pregos como exemplo, mas obviamente pode-se usar algo que não perfure a superfície, caso não possa ser perfurada.]

5. NA SUA OPINIÃO, QUAIS SÃO AS PROFISSÕES/OCUPAÇÕES MAIS ÚTEIS PARA O BEM DA HUMANIDADE E DO PLANETA?

Muito interessante essa pergunta. Vou tentar ordenar: agricultor(a), cozinheiro(a), comerciante, policial, lixeiro, professor, engenheiro, médico, dentista, legislador, banqueiro, filósofo. Se eu dedicasse mais tempo, talvez ampliasse a lista e modificasse a ordem de alguns itens, mas teria que pensar muito tempo, porque é bem complexo.

Essa lista foi feita em 2015. Se eu fizesse outra agora (2023), encaixaria motorista em algum lugar, porque faz parte da logística que envolve o agricultor, o pecuarista, o comerciante. Eu não coloquei cientista em 2015 e talvez não colocasse novamente agora porque embora alguns poucos cientistas sejam os mais importantes para o bem da humanidade, a média dos cientistas tem pouca relevância. Dependeria também do que se entende por “cientista”. Se considerar como cientista exclusivamente aquele que produz avanços científicos por meio de inovações, então incluiria no topo da lista, porque as descobertas de um único cientista podem salvar mais vidas do que milhares de médicos, bem como podem possibilitar a alimentação de mais pessoas do que milhares de agricultores, ou promover mais saneamento do que milhares de lixeiros. O problema é que a grande maioria dos pesquisadores não produz Ciência, então eles entram no grupo dos professores.

6. CONTRA FATOS, NÃO HÁ ARGUMENTOS?

Quase toda frase de efeito que expressa alguma ideia muito simples tem várias falhas. São frases impactantes e sedutoras, mas geralmente transmitem algum conhecimento incorreto e inútil.

Um exemplo típico de fatos contra os quais há abundantes argumentos são os rankings de fundos de investimento que os bancos apresentam a seus clientes. Geralmente reúnem listas de fundos novos, com menos de 18 meses de operação, e oferecem às pessoas ingênuas que estão interessadas em investir, mas não possuem bons conhecimentos sobre Lógica, Estatística e Método Científico. **O fato** é que o primeiro fundo do ranking geralmente tem boa performance e boa rentabilidade ajustada ao risco, mas um dos **argumentos** que precisa ser considerado é que se essa performance tivesse sido alcançada devido ao uso de uma estratégia eficiente, seria esperado que houvesse alguns outros fatos em conformidade com esse. Caso contrário, esse fato observado seria reflexo da sorte.

Há custos para criação e manutenção de cada fundo, por isso as pessoas deveriam estranhar que os bancos tenham milhares de fundos diferentes para oferecer, em vez de terem apenas 3 ou 4 fundos para atender a 3 ou 4 perfis de risco. Os cartões de crédito, por exemplo, existem 3 ou 4 categorias de cartão por faixa de renda, em vez de milhares de categorias de cartão, porque é oneroso ter várias categorias diferentes de cartão e não faz sentido gastar desnecessariamente com isso. O que precisa ser observado é que é muitíssimo mais oneroso e mais trabalho organizar vários fundos. Então qual poderia ser a vantagem de um banco criar 10.000 fundos diferentes, em vez de ter apenas 3 a 5 fundos?

Outro detalhe que as pessoas deveriam estranhar é porque os fundos oferecidos pelos bancos apresentam históricos de 1 ano, 2 anos, raramente 3 anos, e nunca mostram algum histórico de 10 ou 20 anos. Bancos como Bradesco e Itaú existem há mais de 70 anos. Será que não possuem nenhum fundo com pelo menos uns 50 anos de existência para mostrar com orgulho o histórico de ganhos desses fundos a seus clientes? Os ganhos compostos

produzem crescimentos extraordinários, com apenas 10% ao ano acima da inflação, durante 50 anos produzia um lucro real acumulado de 11.639,09%, isto é: R$ 10.000 se transformariam em mais de R$ 1 milhão. Isso seria muito atraente, se existisse. O fato é que não existem. Os bancos não possuem fundos com 70 anos de atividade, nem 50 anos, nem 30 anos. Poucos bancos possuem 1 ou 2 fundos que continuam positivos há 10 anos, mas a grande maioria dos outros fundos que criaram ao longo da história, faliram. Cada grande banco criou e quebrou cerca de 2.400.000 fundos. Isso significa que apenas 1 em cada 1.000.000 de fundos chega a sobreviver 10 anos, e geralmente é questão de tempo até que ele quebre nos anos seguintes.

Outro fato a ser considerado é porque os bancos não aplicam o próprio dinheiro deles nesses fundos. Os primeiros fundos do ranking rendem mais de 20% ao ano. Eles cobram dos clientes menos de 1% ao ano para que os clientes tenham a "oportunidade" de aplicar nesses fundos. Não seria mais vantajoso que os bancos aplicassem o próprio dinheiro nesses fundos?

Isso não significa que todos os fundos estejam fadados a quebrar. Há alguns poucos fundos no Brasil (menos de 5) que estão positivos há mais de 10 anos e o próprio gestor aplica o dinheiro dele no fundo que ele mesmo administra, mas esses representam uma ínfima minoria. Desde 2005, estou envolvido com investimentos, e os gestores sérios sobre os quais cheguei a tomar conhecimento incluem Luis Stuhlberger, Paulo Bodin, Pedro Damasceno, Victor Nehemi Filho, Lírio Parisotto. O fato de serem sérios não significa que estejam positivos, mas significa que tentam sinceramente obter lucros e em algum momento já conseguiram algum lucro. Atualmente, até onde sei, o Stuhlberger é o único que conserva resultados positivos há mais de 10 anos, ele tem quase metade da performance média anual do Saturno V (antes da pandemia, ele tinha quase 1/3).

Vamos agora compreender o argumento que "refuta" o fato. Na verdade, não refuta o fato, mas mostra que o fato é um dado muito incompleto sobre uma realidade bem mais ampla, mais complexa e mais ramificada, que não pode ser julgada com base apenas num item isolado e simplório.

Entre vários fundos operando aleatoriamente, alguns ficarão abaixo da média, outros acima da média, não porque sejam piores ou melhores, mas por simples flutuação estatística.

O ranking de fundos apresenta aos clientes **fatos concretos** sobre as performances desses fundos, mas esses fatos induzem a conclusões falsas, enquanto uma análise sensata acompanhada de **argumentos** inteligentes conduz a conclusões corretas. O fato em si é irrelevante. O que importa é a compreensão dos mecanismos subjacentes que produziram aquele fato, porque são esses mecanismos que podem oferecer uma garantia razoável de que essas performances continuarão a se repetir.

O problema começa porque os fatos exibidos no ranking trazem a sugestão implícita de que tais performances devem ser mantidas, quando na verdade não existe razão para que isso aconteça.

A avaliação correta não deveria ser feita com base apenas na performance ajustada ao risco (índice de Sharpe, por exemplo), com base num intervalo de poucos anos e com base em poucas dezenas de operações. Uma avaliação honesta precisaria adotar uma abordagem estatística que filtrasse o efeito da sorte, por meio de coeficientes de homogeneidade, medidas de isotropia e de ergodicidade, que separam razoavelmente os fundos cujos resultados apresentam sintomas de terem sido privilegiados pela sorte dos fundos que demonstram sinais de consistência. Quando se faz isso, percebe-se que os fundos oferecidos pelos bancos apresentam nítidos sintomas de terem sido privilegiados pela sorte.

Mas como eles têm tanta sorte? A resposta é que não se trata de terem tanta sorte. Eles não precisam se tanta sorte, porque eles têm muitos fundos. Se jogar 100 milhões de bilhetes na mega sena, haverá boas chances de fazer uma sena, várias quinas e várias quadras.

Os bancos criam milhares de fundos com critérios diferentes para operar. Com 10.000 fundos operando aleatoriamente, alguns desses fundos alcançarão bons resultados por simples sorte. Esses fundos utilizam critérios aleatórios para tomar as decisões, que resultam em 10.000 resultados diferentes. Alguns ficarão negativos desde o início e serão logo encerrados e substituídos por outros. Alguns duram mais tempo até ficar negativo, podendo levar meses ou até alguns anos.

Se fizesse lançamentos de uma moeda não viciada, com 50% de probabilidade de cara e 50% de coroa (na coroa ganha 1 e na cara perde 1), e 3 pessoas fizessem 10 lançamentos cada pessoa, é pouco provável que alguma dessas pessoas acertasse todos 10 lançamentos, ou sequer acertasse 8 ou 9. Mas se fossem 10.000 pessoas, cada pessoa fazendo 10 lançamentos, algumas dessas 10.000 pessoas conseguiriam 10 coroas.

Essas pessoas que conseguissem 10 coroas não é porque elas são mais habilidosas, nem indica que elas terão maior probabilidade do que as outras pessoas de continuar conseguindo mais coroas nos próximos lançamentos. Elas apenas tiveram mais sorte. Nos próximos 100 lançamentos, elas terão mesma probabilidade que qualquer outra pessoa.

O mesmo acontece com os fundos. A utilidade de colocar 10.000 fundos para operar, em vez de 3 ou 4 fundos, é porque entre um número muito maior de fundos, alguns terão resultados muito bons, e esses que tiveram resultados anormalmente bons poderão servir para propaganda, para atrair clientes incautos, que vão se basear nos "**fatos**" oficiais e auditados, que são apresentados no ranking de fundos, sem perceber que esses fatos conduzem a uma interpretação incorreta da realidade.

Produtos bancários de investimento são essencialmente iguais a produtos de cassinos. Precisam gerar no cliente a ilusão de que há chances de ganhar algo, para que o cliente compre esses produtos. Além disso, existem entidades fiscalizadoras, auditoras etc., que obrigam os bancos a apresentarem dados verdadeiros. Então os bancos constroem fatos verdadeiros, mas que encobrem verdades muito diferentes do que esses fatos sugerem, explorando falhas nas leis das entidades fiscalizadoras, de modo que os bancos conseguem agir rigorosamente dentro da Lei, vendendo ilusões a seus clientes. Nos cassinos, pelo menos a maioria dos jogadores está ciente de que vai perder, mas eles acham que essas perdas estarão compensadas porque vão se divertir.

Há alguns produtos de investimentos em alguns poucos bancos que são reservados a investidores private (geralmente acima de $ 10 milhões), que realmente produzem lucros reais. Mas praticamente todos os produtos de varejo e prime são bons para o banco, mas não para o cliente.

Outros exemplos didáticos de erros nessa frase são os que envolvem fatos estatísticos e há vários livros sobre esse tema, como "O andar do bêbado", "Freakonomics", "Rápido e devagar", "Os números (não) mentem", "Uma senhora toma chá" etc.

Alguns artigos que podem esclarecer com mais detalhes esse fenômeno: https://www.saturnov.org/artigos

7. NOSSO CÉREBRO TEM UM LIMITE DE COISAS QUE CONSEGUIMOS APRENDER?

O cérebro é uma estrutura física com tamanho limitado e número limitado de neurônios, axônios, dendrites, sinapses. Porém nada impede que seja conectado a uma rede externa ou a dispositivos externos de armazenamento e processamento. Nesse caso, se o Universo for finito, também haverá um limite.

Considerando exclusivamente o cérebro natural, sem próteses nem conexões externas, pode-se usá-lo de maneira análoga a um computador, quando há dados que não são mais tão importantes e provavelmente não voltarão a ser utilizados, podem ser apagados para liberar espaço para novos dados, e isso geralmente acontece de maneira espontânea e gradual, só funciona dentro dos limites de armazenamento.

Se a capacidade do cérebro for 10^{14} bytes, por exemplo, não há como armazenar 10^{16} bytes de uma vez. Mas pode ir substituindo dados ao longo da vida, sem ultrapassar 10^{14}, e ao longo da vida pode passar pelo cérebro um total acima de 10^{16} até que tenham passado pelo cérebro mais de 10^{16}, e de fato é o que acontece, já que o olho captura a cada segundo uma quantidade imensa de dados, mas a maior parte não fica registrada. Em minha resposta sobre câmeras fotográficas, comento um pouco mais sobre o olho.

É muito provável que a maior parte das informações fique registrada de maneira redundante, sendo maior a redundância para dados usados mais frequentemente ou que foram mais impactantes no momento do registro. Se uma pessoa cai num buraco ao percorrer determinado caminho, ou passa mal depois de ingerir determinado alimento, essa lembrança precisa ser registrada com maior exatidão, por mais tempo e com maior clareza do que outras informações que não sejam tão relevantes para ela, por isso é mais provável que fique registrada em maior número de neurônios.

Quando uma pessoa ensina algo a outra(s) pessoa(s), também há necessidade de maior redundância porque antes de ensinar a pessoa precisa se certificar de que compreendeu aquilo, e isso geralmente requer maior número de revisões nos itens que tinha dúvidas. Como resultado, forçará uma maior redundância, diferentemente do caso anterior, no qual ocorre espontaneamente maior redundância, mas o resultado final é semelhante.

8. PORQUE É MAIS FÁCIL UM OVO VIR A QUEBRAR QUANDO É COZIDO EM FOGO ALTO DO QUE QUANDO É COZIDO EM FOGO BAIXO?

Há pelo menos duas interpretações para essa pergunta, uma bastante trivial e uma bastante complexa e difícil:

I. Durante o cozimento, a probabilidade de fratura é maior em fogo alto. Essa resposta é trivial.

II. Depois do cozimento, ao remover os ovos e tentar quebra-los, é mais difícil se tiverem sido cozidos em fogo baixo. Essa resposta, a meu ver, é mais difícil.

Vou começar pela resposta trivial: durante o cozimento em fogo alto, a vaporização é mais rápida e produz maior número de bolhas, que fazem os ovos “pular” mais, bater mais vezes e com maior intensidade nas paredes e no fundo da panela ou caneca, aumentando a probabilidade de fratura. Além disso, como a variação de temperatura é mais rápida, a probabilidade de choque térmico é maior. Há outros fatores envolvidos, mas estimo que estes estejam entre os principais.

A resposta ao item 2 é mais difícil de deduzir e o efeito descrito pode não ser o único nem o principal, mas provavelmente é um dos que contribui para isso. Minha interpretação é a seguinte:

Tanto em fogo alto quanto em fogo baixo, quando a temperatura chega ao ponto de ebulição da água, a temperatura deixa de aumentar. A diferença é que em fogo alto a temperatura chega mais rapidamente a esse ponto.

No equador, ao nível do mar, em condições normais de pressão, esse ponto é cerca de 99,9839ºC para água destilada, desmineralizada e deionizada, mas vamos arredondar para 100ºC.

A clara de um ovo típico de galinha jovem é constituída por cerca de 88% de água, 5,4% de ovalbumina, 1,2% de ovotransferrina, 1,1% de ovomucina, 0,8% de ovoglobulina, 0,3% de lisozima, 1,2% de outras proteínas, 1% de açucares e 1% de sais.

A albumina começa a coagular em torno de 63ºC, enquanto a globulina começa a coagular em torno de 83ºC e as outras proteínas em temperaturas intermediárias. Portanto o processo de cozimento começa muito antes de atingir o ponto de ebulição da água.

Se o fogo estiver alto, o tempo transcorrido entre o aumento de 83ºC até 100ºC será menor do que se o fogo estiver baixo, portanto a coagulação será mais rápida, mais heterogênea e mais propensa a fraturas.

Um detalhe importante é que essa diferença na resistência à fratura deve ser pequena e talvez não seja mensurável. Por isso é mais provável que a diferença observada pelo autor da pergunta esteja associada a particularidades dos ovos do que ao efeito descrito acima, e foi provavelmente coincidência que os cozidos mais rapidamente se mostraram mais frágeis.

Também é possível que minha interpretação esteja errada, porque são muitos os fatores envolvidos e não é simples nem fácil identificar quais os fatores mais relevantes nesse processo. Intuitivamente, parece-me que a interpretação natural seja essa que descrevi, mas já revisei essa opinião, porque inicialmente achei que os gases produzidos pela clara poderiam aumentar a pressão interna e, assim, resistir mais a impactos de fora para dentro. Porém depois de pesquisar, verifiquei que a coagulação não exala gases numa proporção relevante.

Outro ponto que precisa ser considerado é que quando as proteínas coagulam, elas formam uma nano-rede tridimensional que pode tornar a clara do ovo mais resistente à evaporação. Isso produz o efeito oposto, porque ao aquecer mais rapidamente, a água presente na clara vai começar a evaporar mais lentamente mais cedo e a quantidade total de vapor d'água poderá ser menor quando o ovo estiver pronto, sendo mais fácil de fraturar ao bater de fora para dentro. Esse detalhe tem outras complicações, porque dependeria do critério para determinar quando o ovo está pronto. Se for determinado no momento que alcançar determinada consistência média ou

no momento que atingir determinado nível de desidratação (ou algum outro critério). Nesse segundo caso, o argumento acima não teria validade, porque continuaria a gerando vapor até chegar ao mesmo nível.

Há outras complicações, por isso o ideal seria realizar experimentos para investigar a validade dessa e de outras hipóteses, bem como para conferir se realmente os ovos cozidos mais lentamente são mais resistentes à fratura.

Esse tipo de fenômeno pode gerar muitas confusões e dificuldades de interpretação. O efeito MPemba, por exemplo, levou mais de 2400 anos até ser razoavelmente compreendido, porque é contra-intuitivo, e a maneira mais eficaz de se obter a informação correta é pela experimentação. Embora o efeito seja atribuído ao estudante tanzaniano Erasto MPemba, que alegadamente o teria descoberto em 1963, há registros disso desde os tempos de Aristóteles, mas as primeiras boas explicações só começaram a ser apresentadas em 2017.

9. COMO É A VIDA DE UMA PESSOA QUE SOFRE COM BIPOLARIDADE?

Grande parte dos diagnósticos em psicologia não se apoia em fatos nem respeita critérios científicos.

Com exceção da Psicologia Experimental e da Psicometria, os demais ramos da psicologia são pseudociência ou estão no limiar entre Ciência e pseudociência.

O termo "bipolaridade" é uma expressão etimologicamente inadequada. Um termo que me parece melhor para descrever o comportamento tipicamente observado em pessoas às quais se costuma atribuir esse diagnóstico é *"síndrome da larga amplitude de variação no humor"*, ou algo assim. Também precisaria de um conjunto mais bem elaborado de critérios para diagnóstico, porque todas as pessoas variam de humor, e a distribuição da amplitude dessa variação é aproximadamente gaussiana, ou o log dessa variação tem distribuição aproximadamente gaussiana. Não há instrumentos adequados para medir essa variável, mas é fácil e relativamente óbvio conjecturar que se fossem medidos os níveis médios de humor de várias pessoas, a distribuição seria aproximadamente normal ou facilmente normalizável, assim como as variações no humor de uma mesma pessoa ao longo do tempo. A partir disso, seria possível começar a desenvolver algo científico para investigar essas supostas neuroatipicidades, compreender corretamente esse fenômeno e oferecer um tratamento adequado, entretanto o que existe atualmente não pode ser levado muito a sério.

O termo "bipolaridade", em sua acepção correta (original), está associado ao magnetismo e tem propriedades completamente incompatíveis com o quadro subclínico que se pretende associar. A analogia é inadequada. Não há critérios objetivos para se fazer o diagnóstico, dependendo do "achismo" de quem faz a avaliação. Quase toda mulher, se comparar o humor dela na TPM e fora da TPM, seria diagnosticada como bipolar, então cairia no pseudo-paradoxo do livro "O alienista", que se todas as pessoas

apresentam determinada anomalia, então ter aquela anomalia deve ser classificado como “normal”, deixando de ser uma anomalia.

Nesse ponto começa a pseudociência, porque os psicólogos alegam que se a mulher estiver na TPM é uma exceção, e segue o mesmo caminho por meio do qual se tenta salvar a psicanálise da falseabilidade. Para que uma teoria possa ser reconhecida como científica, na acepção de Popper, é necessário que ela possa ser testada em condições que possibilitem identificar sua falsidade, caso ela seja falsa, e com baixa probabilidade de falso negativo. Por exemplo: 10 psicólogos deveriam identificar 100 pessoas que eles classificariam como “bipolares” e 100 que eles classificariam como “não-bipolares”. Então outros 10 psicólogos precisariam avaliar essas mesmas 200 pessoas e seus diagnósticos precisariam concordar com os dos 10 primeiros psicólogos.

Uma pequena taxa de erros poderia ser aceitável, ou poderia incluir no experimento um grupo de 10 não-psicólogos (engenheiros, físicos, matemáticos) que precisariam classificar essas mesmas pessoas. As concordâncias de avaliação dos psicólogos entre si precisariam ser comparadas com as taxas de concordância entre psicólogos e “leigos”.

O primeiro teste avaliaria a validade dos critérios, enquanto o segundo teste avaliaria algo menos claro. Objetivamente avaliaria se os psicólogos concordam entre si mais do que se comparados a não psicólogos, mas essa informação não é simples de processar. Poderia ser realizado ainda um teste complementar para medir a concordância de não-psicólogos comparados a outros não psicólogos.

Sem realizar tal experimento, fica difícil especular, mas eu arriscaria prever que a taxa de concordância entre psicólogos e outros psicólogos não seria alta. Talvez entre psicólogos comparados a psicólogos, a concordância fosse maior do que entre psicólogos comparados a não-psicólogos, porém creio que não haveria diferença estatisticamente significativa em relação a comparação entre não-psicólogos e outros não-psicólogos. No exemplo acima, citei 2 grupos de 10 psicólogos e 2 grupos de 10 não-psicólogos, mas o ideal seria grupos maiores.

Uma das dificuldades para se fazer diagnósticos confiáveis sobre bipolaridade é que não há critérios objetivos para avaliar o nível de humor, e muito menos uma métrica objetiva, acurada e com boa validade de constructo.

Entre todos os constructos da psicologia, o único que pode ser medido razoavelmente bem continua sendo a inteligência, mesmo assim ainda há várias falhas e limitações nos testes de QI.

As tentativas de medir outros constructos ainda se encontram num patamar muito mais incipiente, e pior ainda os casos nos quais nem sequer se tenta medir, mas apenas "chuta-se" qualquer palpite.

Testes científicos exigem medições acuradas e bem calibradas, mas a maior parte da psicologia não atende a esse critério. Hemogramas são exemplos clássicos de como se deve procurar transformar critérios subjetivos em parâmetros quantitativos e mensuráveis. Os avanços na Medicina desde que se começou a realizar exames mais objetivos foram muito numerosos e muito importantes. Nos anos mais recentes, diagnósticos que eram baseados na avaliação subjetiva de imagens também passaram a receber tratamentos quantitativos e objetivos, com o treinamento de redes neurais para reconhecer os padrões relevantes de imagens, e as taxas de acertos dessas redes neurais já começam a ultrapassar as dos melhores especialistas humanos.

Um estudo publicado na *Nature*, em 2020 *("End-to-end training of deep convolutional neural-networks for mammogram classification")*, mostrou que um sistema de IA desenvolvido pelo *Google Health* apresentou uma "acurácia" maior do que a de radiologistas humanos em detectar lesões em mamografias. Em 2018, outro estudo publicado na revista *Nature Biomedical Engineering* mostrou que um sistema de IA apresentou uma "acurácia" maior do que a de oftalmologistas humanos em detectar retinopatia diabética em imagens de fundo de olho.

Geralmente há muita publicidade e exagero nesse tipo de notícia, mas mesmo descontando os exageros, esses resultados são bastante sugestivos e a tendência é de que esses sistemas evoluam cada vez mais e num ritmo muito mais rápido do que a evolução dos humanos.

Inclusive na Arte os sistemas de IA já começaram a alcançar níveis muito elevados: Xadrez, composição criativa de música, desenho e pintura, e mais recentemente poesia são alguns exemplos de artes nas quais os sistemas de IA começaram a produzir obras de alto nível.

A psicologia não é a única atividade que padece desse problema, mas talvez seja uma das mais graves. Em Economia e Medicina também se observa problemas similares.

De acordo com o Nobel de Física Steven Weinberg, os cirurgiões atuam num patamar mais científico, assim como ortopedistas. Eu acrescentaria a essa lista os que praticam Medicina Baseada em Evidência, cujo nome já constitui uma denúncia de que o restante da Medicina não é baseado em evidência. Então é baseada em quê?

Esse quadro é alarmante, sob muitos aspectos, mas ao mesmo tempo é muito interessante, porque embora a Medicina (especialmente a Psiquiatria) não possam ser amplamente classificadas como Ciência, ainda assim funcionam razoavelmente bem, inclusive a medicina milenar chinesa. Em 2002 tive sérios problemas na coluna que, após 2 anos de dores crônicas, foram solucionados em 1 sessão de 5 minutos de *Do-In*. A teoria na qual o *Do-In* se baseia é esotérica, envolvendo meridianos pelos quais passa a energia vital, o “chi”, e quando o fluxo de chi é bloqueado ou desequilibrado, podem surgir diversos problemas de saúde. Ao reequilibrar e favorecer o fluxo normal de chi, o problema se resolve.

Sob o ponto de vista da Medicina alopata contemporânea, estima-se que o *Do-In* talvez funcione graças ao estímulo à produção de endorfinas e outras substâncias. Desse modo, embora a explicação (do chi) não encontre suporte nos paradigmas vigentes, há explicações alternativas que se harmonizam com a ciência atual. E o mais importante é que estudos experimentais sugerem fortemente que, compreendendo ou não seus efeitos, o *Do-In* leva as pessoas a se sentirem melhores, conforme estudos publicados em 2012 na *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* e em 2017 na *Journal of Physical Therapy Science*.

No Antigo Egito, o teste de gravidez era assim: a mulher urinava sobre a grama e depois de alguns dias verificava-se aquela região; se tivesse nascido menos grama, era indício de que ela estava grávida. Hoje sabemos que durante a gravidez o corpo feminino produz mais ácido úrico e outros ácidos necessários ao desenvolvimento do feto, que alteram o pH da urina, que por sua vez afeta o crescimento da grama. Naquela época eles não compreendiam porque funcionava e davam explicações bizarras, mas o que importava, sob o ponto de vista prático, é que o teste cumpria a função de indicar se a mulher estava grávida.

Um dos problemas de não compreenderem os mecanismos envolvidos é que não podiam identificar fatores capazes de alterar o resultado do “exame”. Por exemplo, se a mulher ingeriu muito suco de limão e alterou o pH, isso pode gerar um falso positivo. Sem compreender o

processo, fica mais difícil reconhecer esses falsos positivos. Durante a peste negra, 1346—1353, também perceberam que os pássaros não contraíam a praga, e tiveram a ideia de tentar se disfarçar usando máscaras de pássaros para que os espíritos da doença não os reconhecesse como humanos e não os contaminasse. E funcionou.



Portanto, mesmo quando a teoria que tenta explicar como algo funciona é incorreta, o efeito que se tenta explicar algumas vezes é real.

Ao longo da história da Medicina, boa parte dos métodos funcionavam por motivos diferentes daqueles que se acreditava. Mas quando se compreende os motivos corretos pelos quais algo funciona, pode-se ter um controle muito maior e melhor sobre os efeitos.

Nas últimas 3 décadas, os softwares de Estatística destinados à Ciências Sociais e Biológicas têm se multiplicado e ganhado espaço cada vez maior entre pesquisadores dessas áreas, conferindo cada vez maior cientificidade aos métodos utilizados e aprimorando os resultados dos estudos. A compreensão da importância de medir e calcular, em vez de “chutar”, tem conquistado espaço crescente nas diferentes disciplinas, mas ainda está longe de ter alcançado um nível razoável. Quando uma pessoa vai ao médico e ele prescreve uma medicação, a dosagem é quase completamente “chutada” dentro de um intervalo razoável de valores. Não é um “chute” aleatório, mas também não há um cálculo cuidadoso antes de

fazer a prescrição. Essa prática já se tornou tradição, por isso muitos médicos acham que tem que continuar assim e não precisa melhorar.

Essa é uma situação muito difícil de julgar, porque há 50 anos praticamente não havia diferença entre "chutar" ou tentar calcular a primeira dosagem com um bom algoritmo, porque a dificuldade e a complexidade do cálculo tornavam impraticável tentar acertar desde o início. O jeito era ir ajustando gradualmente, por tentativa e erro, conforme o paciente fosse reagindo ao tratamento. Mas hoje já existem amplos recursos computacionais para lidar com problemas desse nível de complexidade, que envolvem o ajuste simultâneo de vários parâmetros. Por essa razão, a conduta de "chutar", em vez de tentar otimizar as dosagens desde a primeira prescrição, deveria ser revisada com urgência, inclusive por uma questão de respeito e consideração aos pacientes, honrando o Juramento de Hipócrates.

Tanto utilizando métodos estatísticos sofisticados quanto "chutando", frequentemente a estimativa da dose inicial não é a mais bem ajustada, e permanece sendo muito difícil alcançar valores ótimos nos primeiros 2 ou 3 ajustes. Essa dificuldade provavelmente é um dos fatores que desmotiva os médicos de tentarem utilizar métodos mais requintados e mais precisos, mas essa postura é equivocada, porque com métodos mais eficazes a convergência para a dosagem ótima é mais rápida, bem como a taxa de acertos. Não melhora deterministicamente – é uma melhora estatística – por isso é mais difícil perceber que o uso de métodos objetivos e bem calibrados funcionam melhor do que "chutes", inclusive algumas vezes os chutes chegam mais perto do valor ótimo antes do que se utilizar métodos mais sofisticados. Mas quando se aplica ambos os métodos em grande número de casos, fica evidente que existe uma vantagem substancial em utilizar métodos mais sofisticados.

É como apostar no resultado da soma de dois dados. Se forem dados em formato aproximado de cubo, não-viciados, homogêneos e homobáricos, com faces numeradas com inteiros de 1 a 6, se escolher sempre o número 7, terá maior probabilidade de acertos do que se escolher qualquer outro número, porque 7 = 1+6, 2+5, 3+4, 4+3 etc., enquanto resultados como 2 ou 12 só podem ser produzidos por 1 combinação de resultados. Isso não significa que se escolher 6 e fizer 10 lançamentos, que necessariamente obterá o 7 mais vezes do que o 6. Mas se fizer 1000 lançamentos ou 10.000 lançamentos, quase certamente a soma 7 ocorrerá

mais vezes. Por isso uma análise informal e não-sistemática, baseada nas lembranças do dia-a-dia, pode levar os médicos a acreditarem que tanto faz tentar estimar a dosagem ótima com base no feeling ou calcular a dosagem ótima usando métodos sofisticados. Mas se fizessem registros sistemáticos utilizando os dois métodos, perceberiam que na verdade há uma vantagem nítida em usar cálculos acurados em vez de "estimativas".

É importante compreender que o uso de bons métodos estatísticos não é para tentar acertar na primeira tentativa, mas sim para reduzir o erro em cada tentativa e também para aumentar a probabilidade de chegar mais rapidamente a um valor ótimo, e deve-se estar ciente de que esse efeito não será observado em todos os casos individuais, mas será bastante claro em grandes números de casos.

Existem diversos métodos que possibilitam convergir para resultados corretos muito mais rapidamente do que com "chutes" intuitivos. O aplicativo Akinator é um exemplo de convergência otimizada que considera inclusive efeitos de "dicas" erradas. Nos casos de otimizar dosagens, o algoritmo para otimização é bem mais simples. Por exemplo: suponhamos que precisamos descobrir uma senha de 6 dígitos com o menor número de tentativas, sendo que a cada tentativa recebemos um *feedback* se o número correto é maior ou menor que o escolhido.

Isso significa que a senha é algo entre 000000 e 999999. Há um milhão de possibilidades, mas obviamente não precisamos testar todas, porque vamos usar a dica a cada nova tentativa. Obviamente não faz sentido começar tentando um número aleatório, porque embora todos tenham mesma probabilidade de acerto, o uso das dicas sucessivas faz com o primeiro número escolhido já determine se vamos gastar mais tentativas do que o necessário. Um dos melhores números para começar é 499999 ou 500000, porque ambos estão no meio do intervalo. Vamos priorizar os pares.

Suponhamos que o número seja 142857, mas não sabemos disso. Vamos tentar acertar usando um algoritmo: Começamos com 500.000 e recebemos a dica de que é menor. A próxima melhor tentativa baseada na dica é 250.000. Novamente recebemos a dica de ser menor. Tentamos agora 125.000 e recebemos a dica de que é maior. Então obviamente o próximo melhor número para testar é a média entre os dois anteriores: 250.000+125.000/2 = 187.500. Aplicamos o mesmo algoritmo nas próximas tentativas, isto é, se o valor do último "chute" for menor que o

correto, então nossa próxima tentativa T_{n+1} será $T_n+|T_n-T_{n-1}|/2$, se for maior, então nossa próxima tentativa T_{n+1} será $T_n-|T_n-T_{n-1}|/2$. Como nesse caso o número procurado é inteiro, quando $|T_n-T_{n-1}|$ é ímpar, arredonda-se $|T_n-T_{n-1}|/2$ indiferentemente para cima ou para baixo. Prosseguimos assim:

156250
140625
148438 (também poderia ter arredondado para 148437)
144532
142579
143556
143068
142824
142946
142885
142854
142870
142862
142858
142856
142857

Em 20 tentativas, chegamos ao valor correto. Em algumas situações, poderia ter chegado em menos de 20, mas na pior das hipóteses consegue-se encontrar em 20 tentativas porque $2^{20} = 1.048.576 \geq 1.000.000$. Se tentasse chutar e logo na primeira tentativa chutasse 142857, acertaria de primeira, porém a probabilidade de isso acontecer é muito baixa. E se continuasse chutando, levaria, em média, 500.000 tentativas, ao passo que usando um método otimizado, precisaria, na pior das hipóteses, de apenas 20 tentativas.

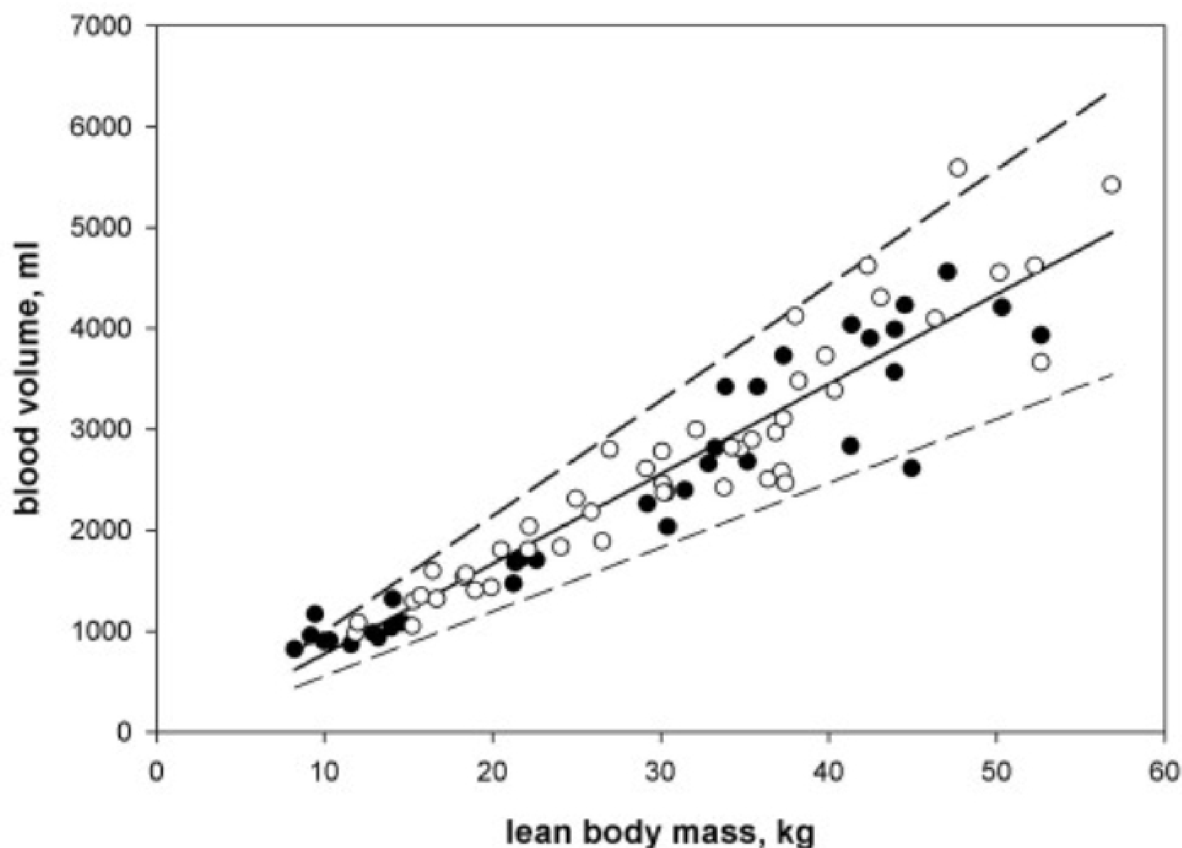
Nos casos de ajuste de dosagens, o processo é basicamente o mesmo, com algumas poucas diferenças. Uma das principais diferenças é que os valores não se distribuem uniformemente, tendo aproximadamente uma distribuição gaussiana centrada na média da população ou na média da população com o perfil típico do paciente. Portanto a otimização do método seria diferente da descrita acima. Outra das diferenças é que não se chega a um resultado com tantos algarismos corretos. Geralmente 2 são suficientes e eventualmente 1 basta. Outra diferença é que as “dicas” muitas vezes estarão “erradas”. Outra diferença é que não existe um limite superior e

outro inferior para as dosagens, e a sensibilidade do organismo geralmente é em escala logarítmica, portanto os critérios não serão como os descritos acima. A equação para determinar a próxima tentativa T_n será bem mais complexa e não será baseada apenas nas duas anteriores, mas sim com base em todas as anteriores em conjunto com modelos de estudos realizados com outras pessoas, com filtragem ou ponderação de outliers para minimizar anomalias espúrias etc. Por exemplo: na primeira tentativa, o “chute inicial” deverá considerar algumas características básicas da pessoa, como idade, gênero, altura e IMCH, os números que determinam a magnitude dessas características devem ser colocados numa escala logarítmica, então deve-se usar uma base dados de pessoas com diferentes perfis para mapear e interpolar os resultados de modo a estimar como o perfil desse paciente específico deve reagir à medicação, e assim estimar sua dose inicial. A partir de então, aplicar ajustes sucessivos considerando o mapeamento anterior em conjunto com os resultados observados para esse indivíduo específico.

Nada disso é feito. O médico apenas pergunta se a pessoa se sente melhor, solicita alguns exames para conferir se a tentativa anterior se afastou do intervalo de “normalidade” ou se se aproximou desse intervalo, e “chuta” a nova dose um pouco para cima ou um pouco para baixo com base nisso, sem determinar bem quanto é esse “pouco”. Se houvesse um ajuste mais cuidadoso, em 1 ou 2 tentativas se poderia chegar a menos de 1 desvio padrão de distância do valor ideal, e com 3 tentativas chegaria a menos de 0,5 desvio padrão do valor ideal, mas da maneira como fazem, geralmente leva 5 ou mais tentativas para chegar a menos de 1 desvio padrão do valor ideal. Ao longo desse processo com maior número de erros e maior demora até ajustar a dose ideal, o paciente continua a sofrer as consequências da doença, tem seu risco de morte aumentado, risco de agravamento aumentado etc.

É importante notar que alguns parágrafos acima citei a altura, em vez do peso, porque é um erro estimar dosagens com base no peso, já que o volume de sangue no corpo está correlacionado com a massa magra, que por sua vez é proporcional à altura elevada a 2,57, conforme mostrei em meu livro IMCH. Entretanto, praticamente todos os médicos, todos os sites, canais, livros universitários de Medicina determinam as dosagens com base no peso.

O gráfico abaixo foi extraído do estudo de LK Vricella, no artigo *“Blood volume increases with obesity, although to a lesser extent than body weight and volume”*, que mostra correlação entre volume de sangue no corpo e massa magra:



Obviamente também existe correlação positiva entre volume de sangue e massa total porque em geral pessoas mais altas pesam mais do que mais baixas. Uma criança de 1 m de altura com corpo médio para sua idade e altura obviamente também pesa menos do que uma pessoa com 1,7 m, e isso força uma correlação espúria entre peso e volume de sangue. Mas as variáveis que deveriam ser consideradas são o volume de sangue e a altura elevada a 2,57. Esse expoente poderia ser ajustado para esse caso específico, mas como primeira aproximação, é plausível usar a dimensão fractal do corpo humano.

Haja vários artigos mostrando que não é correto relacionar doses de medicamentos com o peso da pessoa. Embora os artigos não digam isso explicitamente, é uma inferência óbvia a partir dos dados. Mesmo assim, em praticamente todos os casos utilizam o peso, em vez de usar a altura, e

nos raros casos que utilizam a altura, o fazem de maneira incorreta. Por exemplo, para a doença de Cushing, usam a altura elevada a 1, em vez de altura elevada a 2,57 ou a algum valor próximo de 2,57.

Vamos supor um exemplo de ajuste da dosagem de T4. A pessoa está com TSH alto, então começa com dose diária de 12,5 µg. Depois de 2 semanas, o TSH baixou, mas não chegou à normalidade. Então aumenta a dosagem para 25 µg. Depois de duas semanas, mede novamente o TSH e baixou novamente, mas ainda não chegou ao normal. Então aumenta para 37,5 µg. Duas semanas depois, faz outro exame e o TSH subiu. Essa subida é inconsistente com o aumento na dosagem, mas pode ter sido provocada por diversos fatores extrínsecos a esse tratamento, como estresse, temperatura, outras medicações, alimentação etc. Numa situação como essa, a decisão sobre como prosseguir não é simples, mas o mais usual é repetir o exame mais algumas semanas depois, para tentar suprimir a perturbação que provocou o viés na medida anterior. Outros procedimentos poderiam envolver adicionar T3 ao tratamento, ou continuar aumentando o T4 para 50 µg para manter a curva de crescimento, ou reduzir de volta para 25 µg (com ou sem adição de T3 ao tratamento), entre muitas outras possibilidades. Aumentar o intervalo entre os exames seria outra alternativa a ser considerada, porque em 2 semanas, quando se considera a meia vida da medição, conclui-se que a concentração presente no organismo talvez não chegue a estabilizar. Quando a pessoa aumentou a dosagem de 12,5 µg para 25 µg, as primeiras doses de 12,5 µg ainda estavam parcialmente no organismo, de modo que no momento da mudança, não houve uma dobra na concentração. O aumento na concentração foi bem menor que do que uma dobra.

Esse grande número de variáveis a serem otimizadas conjuntamente pode parecer intimidador para ser equacionado com precisão, por isso os médicos acabam lidando com isso de forma mais "intuitiva", determinando as doses por "*feeling*" e "chutando" valores que lhes parecem razoáveis. Mas o fato é que com os avanços mais recentes, temos cada vez mais recursos para lidar com problemas desse tipo, com grande número de variáveis complexas interdependentes. Poderia ainda somar a todos esses fatores a idade da pessoa, o gênero, se está grávida e, em caso afirmativo, o tempo de gestação, e todos esses dados poderiam ser incorporados à análise, bem como fatores climáticos, outras medicações, hábitos alimentares etc. Todas essas variáveis poderiam ser consideradas em conjunto, equacionadas

e otimizadas. Há 50 anos isso seria um desafio imenso, mas com os recursos computacionais modernos, a solução para esse tipo de problema é quase trivial. As dificuldades maiores, na verdade, são a identificação de quais dados são relevantes para a análise, para que sejam incluídos na fórmula, e os estudos que precisam ser realizados para coletar os dados necessários. Se houvesse estudos sobre isso, em poucas horas ou mesmo minutos, eu poderia criar uma equação para lidar com esse problema e estimar dosagens iniciais e subsequentes com taxa de acertos e velocidade de convergência muito superiores ao que se consegue atualmente, porém não há como criar tal equação sem dispor de dados empíricos. Seria necessário que universidades, centros de pesquisa, fundações de apoio e incentivo à Ciência coordenassem esforços para promover experimentos que produzam os dados necessários, sem os quais não há como solucionar esse problema que vem prejudicando bilhões de pessoas, que recebem ostensivamente prescrições de dosagens sub-ótimas.

10. NOSSO SISTEMA SOLAR SEMPRE TEVE OS MESMOS PLANETAS OU JÁ TEVE MAIS PLANETAS?

Antes de Poincaré, pensava-se no Sistema Solar como determinístico, isto é, se a pessoa conhecesse exatamente os parâmetros de cada objeto (as posições, as massas, os sentidos dos movimentos), ela poderia calcular suas posições futuras e passadas com a precisão que quisesse. Mas com o nascimento dos conceitos de bifurcações, sistemas dinâmicos, processos estocásticos, caos etc., ficou evidente que não é tão simples assim.

Conhecendo as massas e os elementos orbitais atuais dos objetos mais massivos do Sistema Solar, pode-se prever suas posições com razoável acurácia por algumas centenas ou milhares de anos, mas não por períodos muito mais longos, como centenas de milhões ou bilhões de anos. O mesmo acontece se retroagir no tempo.

Quando se considera intervalos suficientemente longos, o Sistema Solar pode se aproximar e se afastar de outras estrelas, que podem chegar a causar perturbações gravitacionais sensíveis nas órbitas dos planetas e outros objetos de nosso sistema, assim como o Sol pode perturbar corpos que orbitam a estrela e capturar alguns deles, ou alguns corpos que orbitavam o Sol podem ser capturados pela estrela, alguns corpos podem “escapar” dos dois sistemas, isto é, assumir órbitas abertas.

> [Na época de Poincaré, em contraste com o que se “acredita” atualmente, um dos modelos cosmológicos mais bem aceitos era de um universo aproximadamente estacionário, além disso Andrômeda, Centaurus A, M51 etc. eram consideradas nebulosas que faziam parte da Via-Láctea, não se tinha uma ideia bem definida sobre a forma da Via-Láctea nem de sua dinâmica, portanto os comentários acima não seriam bem aplicáveis. Naquela conjuntura, a nova abordagem de Poincaré para a Mecânica Celeste, tratando o Sistema Solar como um sistema dinâmico, em vez de determinístico, conduzia a uma reinterpretação que envolvia “entradas” e “saídas” de planetas em nosso sistema, mesmo sem perturbações externas, desde que transcorresse um tempo suficientemente longo. Agora “sabemos” que além disso, há muitos outros elementos que podem interferir na estabilidade do Sistema Solar]

Há ainda outros fatores cujos efeitos são quase imperceptíveis a curto prazo, mas provocam efeitos relevantes em períodos muito longos. A massa do Sol, por exemplo, está diminuindo. A cada Joule de energia que ele emite, na forma de fótons, a massa correspondente ($E=mc^2$) é subtraída do Sol. Mas não sabemos se a massa do Sol está de fato diminuindo, porque há também quedas de cometas, meteoritos, gás e poeira sobre o Sol, e não se dispõe de informações completas sobre a quantidade total de massa que cai no Sol, assim não temos como determinar se o ganho de massa é, em média, maior ou menor do que a perda. Mas sabemos que a massa do Sol não é constante e isso afeta os movimentos dos astros de nosso sistema.

A força eletromagnética é a segunda mais relevante em escala astronômica. Embora a gravitacional predomine por larga margem, quando se considera intervalos muito longos, a força eletromagnética acumula efeitos que podem começar a se tornar sensíveis.

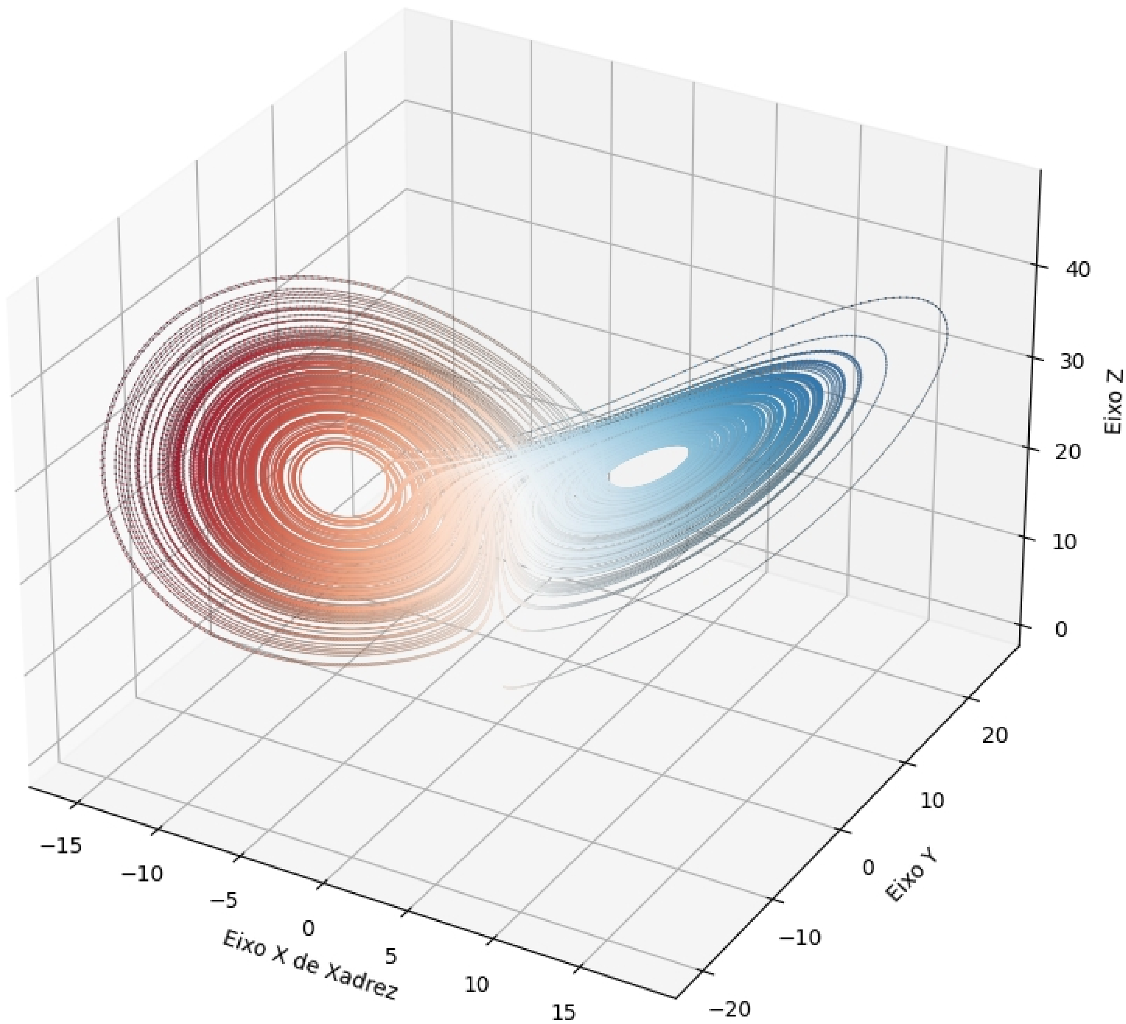
As outras forças, além da gravitacional, também atuam. A força nuclear forte tem um raio de ação muito curto, cerca de 10^{-15} m e a nuclear fraca ainda mais curto, 10^{-18} m. Portanto em escala astronômica elas praticamente não produzem nenhum efeito direto, embora produzam vários efeitos indiretos. Um deles se deve ao processo pp1, por meio do qual o Sol e outras estrelas emitem luz. Nesse processo, a força nuclear fraca está associada à emissão de bósons W^+, que faz com que um dos quarks up que constituía um próton se transforme num quark down, e assim o ex-próton (uud) se transforma num nêutron (udd). Devido ao Princípio da Incerteza, esse W^+ não pode ter vida muito longa, e rapidamente interage com um elétron, que se aniquilam, emitindo um par de fótons e um neutrino associado ao elétron (para manter equilibrado o número quântico leptônico). Conforme comentado anteriormente, nesse processo o Sol perde um pouco de massa, consequentemente isso afeta as órbitas, de modo que, indiretamente, a força nuclear fraca acaba também exercendo alguma influência.

Há configurações de “boa estabilidade temporária”, que permitem que planetas, satélites e outros objetos permaneçam muito tempo nessas configurações, sofrendo pequenas perturbações, mas permanecendo na região de estabilidade. Mas há também configurações de menor estabilidade, nas quais pequenas perturbações rompem o equilíbrio. Nesses casos, um objeto pode “escapar” de um sistema ao qual estava ligado gravitacionalmente.

Além disso, até mesmo nas situações de maior estabilidade, quando se considera períodos suficientemente longos, o sistema pode se tornar instável ou pode sofrer uma grande mudança na configuração, e permanecer instável até entrar em outra configuração com estabilidade de longo prazo.

O atrator de Lorenz é um exemplo interessante no qual uma partícula pode descrever muitas órbitas em torno de um ponto até que, repentinamente, ela muda dramaticamente sua trajetória e passa a descrever sua órbita em torno de outro ponto muito diferente do primeiro. Pode permanecer outro longo período assim, ou ficar oscilando entre orbitar em torno de um ponto ou do outro.

Atrator de Lorenz da ♕ Tamara ♕



No caso específico do atrator de Lorenz, há apenas 2 pontos em torno dos quais as órbitas ocorrem, mas há situações nas quais pode haver vários pontos, ou simplesmente depois que a partícula sai de sua órbita em torno do ponto original, ela passa a descrever uma trajetória aberta, não-cíclica. O atrator de Lotka-Volterra, por exemplo, dependendo dos valores dos parâmetros, pode ter apenas 1 ponto de equilíbrio estável, mas as órbitas em torno desse ponto são caóticas e se distribuem por uma região toroidal. Se modificar os parâmetros, pode ter vários pontos de equilíbrio, diferentemente do que acontece com o atrator de Lorenz, que pode mudar a forma da curva, mas continua tendo 2 pontos de equilíbrio, inclusive se os valores dos parâmetros estiverem no domínio dos complexos.

Outros atratores, como Rössler, Rikitake, Duffing ou Chua podem ter diferentes propriedades, mas todos eles são regiões do espaço de fase de um sistema dinâmico não-linear para o qual os "centros" das órbitas convergem e se estabilizam. Esses centros são os "pontos de equilíbrio" e essas trajetórias podem ser limitadas ou não, periódicas ou não. Nos casos das órbitas dos planetas no Sistema Solar, a visão "ingênua" de Kepler de que os planetas tinham órbitas exatamente elípticas é incorreta. A visão de Newton constitui um aprimoramento importante nessa interpretação, pois ele enxerga o sistema sob uma perspectiva global, com interações mútuas entre todos os objetos, que se atraem mutuamente e se perturbam uns aos outros.

Mais importante do que isso, Newton conseguiu sintetizar os elementos principais capazes de descrever aproximadamente o sistema todo, reduzindo todas as partes que constituem grandes objetos, como a Terra, em apenas 1 ponto, o baricentro, e assim pode-se realizar cálculos bastante aproximados sobre as posições e movimentos dos planetas tratando cada um deles como se fosse 1 ponto. Mesmo com essa simplificação, como esses pontos estão em movimento e interagem uns com os outros, as órbitas não podem ser exatamente elípticas, porque quando um planeta passa mais perto de outro, cada um deles puxa o outro em sua direção, desviando-o um pouco de sua órbita, e esse desvio é um pouco maior quando mais próximos entre si do que quando estão mais distantes. Os efeitos disso são várias mudanças cumulativas nas órbitas, algumas quase periódicas, outras não. A precessão anomalística, por exemplo, é um movimento da posição do periélio ao longo dos anos. Atualmente o periélio da Terra ocorre quando ela está na longitude heliocêntrica em torno de

103,01293986º, mas em 2000 esse valor era cerca de 102,93768193º. Isso significa que a posição do periélio da Terra daria uma volta completa em torno do Sol a cada 111.360,76 anos, se essas variações fossem uniformes. Um efeito similar, mas com período diferente, se observa em cada um dos outros planetas, asteroides, cometas etc. E não apenas esse efeito. Há vários outros similares.

Isso acontece porque o tempo necessário para a Terra dar uma "volta completa" em torno do Sol (ano sideral) não é exatamente igual ao tempo que ela leva entre duas passagens consecutivas pelo periélio. Também não é igual ao tempo entre dois equinócios consecutivos, ou dois solstícios consecutivos. Esses atrasos ou antecipações são chamados "precessões". E a duração desses movimentos também não é constante. O ano anomalístico (dois periélios consecutivos) durava em 2000 cerca de 365,259635793 dias, o ano sideral (em relação ao firmamento) tinha cerca de 365,256363004193 dias, enquanto o ano tropical (dois equinócios) tinha 365,242189669781 dias.

Então o período de precessão dos equinócios seria de 25.770,672757 anos, desde que o ano sideral e o tropical fossem constantes ou variassem numa proporção que preservasse a diferença adequada, mas ambos variam a ritmos diferentes, e essas variações não são lineares nem são determinadas por uma equação simples. Além de não ser uma equação simples, não é determinística. Geralmente usa-se, como boa aproximação, uma reta ou um polinômio com grau pequeno (3 a 6) para ajustar essas variações.

Em "curtos" intervalos de tempo, de poucos milhares ou milhões de anos, a variação observada nesses períodos não é grande, podendo considerar que o período sideral é cerca de 365,2564 e o tropical é 365,2422, sem erro antes do 7º algarismo significativo durante séculos. Mas quando se considera milhões de anos, a situação já começa a se complicar. Para enviar sondas espaciais que cheguem às posições corretas, é importante conhecer precisamente as posições com mais de 10 algarismos, bem como para calcular as posições de GPS a partir da triangulação de satélites.

O semieixo maior da órbita da Lua, por exemplo, atualmente tem 384.748 km (geralmente se usa o inverso do arco seno da paralaxe, que é 384.399 km), mas há cerca de 2,5 bilhões de anos tinha cerca de 63.000 km. A Lua se aproxima e se afasta periodicamente, a cada 27,554549886 dias, oscilando em torno de 11,6% sua distância entre o ponto mais próximo e o

mais afastado, e essas aproximações e afastamentos se repetem exatamente no mesmo intervalo nem chegam exatamente às mesmas distâncias máxima e mínima, além disso, há um afastamento cumulativo de cerca de 3,8 cm a cada ano, e esse ritmo de afastamento tem variado ao longo da história.

Portanto quando se considera num nível de precisão de 6 a 7 algarismos, isto é, 99,99999%, as coisas parecem razoavelmente estáveis e cíclicas, mas quando se mede os períodos e as distâncias com maior precisão e acurácia, começa-se a perceber que os ciclos não são perfeitamente regulares, há pequenas variações que parecem periódicas, mas quando se aprimora ainda mais a acurácia e a precisão, percebe-se que essas variações também não são periódicas, e em última instância existe um caos de imprevisibilidade nas medições.

Quando as perturbações e anomalias ultrapassam determinados limites, os objetos deixam suas trajetórias "habituais" e podem assumir trajetórias completamente diferentes. Por isso depois de muitos milhões ou bilhões de anos de acúmulo de perturbações, os planetas podem escapar de um sistema planetário, assim como podem capturar planejas que estejam vagando sem uma estrela, ou de outra estrela que se aproxime o suficiente.

Existem regiões de maior estabilidade nas órbitas, que são os pontos lagrangianos. Quando um objeto está num desses pontos, ele é mais resistente a pequenas perturbações, isto é, quando um objeto massivo desvia um planeta de sua trajetória original, o planeja se desloca um pouco em direção a esse objeto massivo, mas depois ele retorna ao ponto de equilíbrio, restabelecendo uma órbita bastante semelhante à sua órbita original. Se não fosse assim, o universo seria uma bagunça muito mais complexa. A situação razoavelmente organizada e estável se deve justamente à existência desses pontos de maior estabilidade.

Por isso, ao longo do tempo de permanência na sequência principal de uma estrela como o Sol, calculado em cerca de 9,94 bilhões de anos, pode acontecer de vários objetos de pequena massa e que não estejam "fortemente" atraídos pelo Sol, como cometas na Nuvem de Oort ou objetos transnetunianos, eventualmente "escaparem" do Sistema Solar.

Nos casos de planetas, são objetos relativamente muito massivos se comparados a outros componentes do Sistema Solar. O maior cometa conhecido tem cerca de 120 km de diâmetro e densidade em torno de 0,6 g/cm^3, portanto sua massa é apenas 0,0000009 da massa da Terra ou 0,0000016 da massa de Mercúrio, que é o menor dos planetas.

Na “hierarquia” de massa do Sistema Solar, depois do Sol os objetos mais massivos são os planetas. Em seguida, alguns grandes satélites e planetas anões, depois alguns asteroides e cometas. Há mais de 1 milhão de asteroides registrados, e número “total” é algo que nem sequer faz muito sentido em falar, porque depende do que exatamente é um “asteroide”, isto é, qual é a tamanho mínimo de um astro que orbita o Sol para que ele ainda possa ser classificado como “asteroide”, em vez de um grão de poeira ou uma rocha. Uma das dificuldades para se determinar o que é um “asteroide” é porque à medida que os tamanhos vão diminuindo, eles vão se tornando mais numerosos, até chegar ao tamanho de grãos de poeira ou mesmo grandes moléculas. Então se não houver um critério bem definido para distinguir o que é poeira e o que é asteroide, torna-se pouco claro falar em “total” de asteroides. O mesmo acontece nos casos de satélites.

Os objetos mais massivos, como os planetas, são mais difíceis de serem “capturados”, devido à inércia, que por sua vez está relacionada ao momento angular. Mas os objetos menores estão mais susceptíveis a sofrer perturbações significativas em suas órbitas. Esses objetos podem ser frequentemente “perdidos”, assim como outros podem ser “capturados”.

Há vários cometas com órbitas hiperbólicas, isto é, não-periódicos, que supostamente vieram de fora do Sistema Solar, eles se aproximam uma vez do Sol e nunca mais retornam. Outros tinham órbita hiperbólica antes de entrar no Sistema Solar, e ao passar pelas proximidades de Júpiter (principalmente de Júpiter, por ser o mais massivo dos planetas, mas poderia ser de qualquer outro), sua trajetória é desviada e seus elementos orbitais passam a descrever uma órbita fechada, elíptica, ou seja, ele é capturado e passa a fazer parte do Sistema Solar, tornando-se periódico.

Isso é mais comum nos cometas por serem corpos de pequena massa, por isso mais facilmente influenciáveis por outros corpos massivos, e também por serem mais numerosos, então aumenta a probabilidade de que, entre os muitos conhecidos, alguns se enquadrem nessa situação. Além disso, as órbitas dos cometas são mais excêntricas do que as dos outros objetos do Sistema Solar, de modo que a perturbação necessária para que suas órbitas passem de elípticas a hiperbólicas é menor. O mesmo pode ocorrer com asteroides, satélites, planetas e estrelas, mas as probabilidades de tais eventos variam de acordo com a massa e os parâmetros orbitais. Muitas das estrelas binárias talvez não tenham se originado binárias, elas

podem ter surgido separadamente, mas durante uma aproximação, acabaram se “unindo”.

Como os cometas são muito numerosos, a probabilidade de ocorrer algo assim no intervalo de 10 ou 100 anos é alta, e vários acabam passando por isso. Como os planetas são poucos, além de serem mais massivos e terem órbitas menos excêntricas, a probabilidade de que isso ocorra com algum deles em 10 ou 100 anos é muito baixa, mas quando se considera intervalos de 100.000.000 de anos ou 1.000.000.000 de anos, a probabilidade se torna bastante razoável.

No caso de Plutão, por exemplo, sua órbita não fica próxima ao plano dos demais planetas, e existe uma boa probabilidade de que ele tenha vindo de fora do Sistema Solar.

Infelizmente não há informações detalhadas sobre os elementos orbitais das estrelas da Via-Láctea para que se possa fazer simulações de longo prazo, considerando a dinâmica da galáxia como um todo. A Via-Láctea possui cerca de 100 bilhões de estrelas, das quais apenas 2 bilhões estão catalogadas no projeto GAIA DR3. Embora o projeto inclua algumas estrelas fora da Via-Láctea, a até 222 kpc, apenas 1% fica a mais de 15 kpc, portanto quase todas essas 2 bilhões fazem parte da Via-Láctea.

Além de a fração de estrelas catalogadas ser pequena, muitas delas têm apenas a posição aparente registrada e o brilho, sem outras informações que auxiliem na determinação de seu movimento.

Nos casos dos registros mais detalhados, além das posições e do brilho em diferentes comprimentos de onda, também se tem a distância, a velocidade transversal e radial, classe espectral e outros detalhes.

Tanto as velocidades radiais quanto as transversais são monitoradas durante um período muito pequeno em relação ao tempo que levam para completar uma volta em torno do centro da Via-Láctea, por isso, dentro dos limites que conseguimos medir, a composição dos movimentos produz uma trajetória indistinta de um movimento retilíneo, mas o movimento real é geralmente uma curva bastante semelhante a um arco de elipse. Portanto, mesmo nos casos das estrelas sobre as quais temos registros mais detalhados, não conseguimos calcular precisamente suas órbitas com base nas velocidades e direções. Podemos calcular com base na Teoria da Gravitação, conhecendo a distância da estrela ao centro da galáxia e os parâmetros de seu movimento aparente, sabemos que a convexidade da curva da órbita deve estar voltada para o centro da galáxia, na maior parte

do tempo, mas ao longo dessa órbita, as estrelas passam próximas de outras, que afetam seus movimentos.

No conjunto, não temos como determinar as órbitas precisas e acuradas dessas estrelas (nem do próprio Sol) durante períodos longos. Mas pode-se fazer simulações dos movimentos estatísticos dessas estrelas, ou dos movimentos a longuíssimo prazo dos componentes do Sistema Solar. Também se pode fazer ambas as simulações combinadas, durante milhões ou bilhões de anos, e em tais simulações, alguns resultados mostram que o Sistema Solar pode ter tido um planeta que "escapou". A afirmação "pode ter tido" soa um tanto vaga, mas é muito menos vaga do que seria se viesse desacompanhada desse conjunto de informações, porque não passaria de uma especulação, ao passo que nesse contexto, a informação se apoia em alguns resultados de simulações baseadas em dados empíricos e modelos teórico bem testados.

Estimativas mais arrojadas são de que há cerca de 1% a 10% de probabilidade de que o Sistema Solar possa ter perdido um planeta, enquanto as estimativas mais conservadoras são de menos de 0,1%. É difícil determinar com precisão porque essas simulações precisariam incluir quase 1 trilhão de objetos (estrelas e planetas principais, sem contar cometas, asteroides etc.), e precisaria calcular a evolução nas posições desses objetos durante bilhões de anos, isto é, cerca de 100 quatrilhões de segundos (se calculasse com resolução de segundos). Nem os maiores supercomputadores poderiam fazer isso. Então simplifica-se o cálculo em muitas ordens de grandeza, usando apenas alguns milhares de objetos e usando resolução de dias, em vez de segundos. Isso deixa os cálculos muito menos confiáveis. Por outro lado, repete-se os cálculos muitas vezes, variando ligeiramente os valores de alguns parâmetros, dentro dos limites que se conhece as posições, massas e velocidades de diferentes objetos. Com essas variações, pode-se contar quantas vezes, entre o total de simulações realizadas, ocorre perda de um ou mais planetas. O problema é que essas simulações são extremamente grosseiras e fortemente dependentes dos valores escolhidos para os parâmetros. A distribuição detalhada a matéria escura na Via-Láctea, por exemplo, é mal conhecida. Os exo-planetas conhecidos representam muito menos que 0,0001% do total, entre outras limitações.

Se houvesse dados suficientes e suficientemente acurados sobre os movimentos das estrelas a longo prazo, para que se pudesse fazer

simulações considerando os efeitos delas, umas sobre as outras e sobre o Sol, em particular, a probabilidade de ocorrências desse tipo (algum planeta entrar ou sair de nosso sistema) seria determinada com maior confiabilidade.

Então é bastante provável que um ou mais objetos tenha entrado e/ou saído do Sistema Solar, desde sua formação, e devem continuar a entrar e sair antes de sua “extinção” (a evolução do Sol para uma anã-branca não seria bem uma “extinção”). Mas geralmente tais objetos são pequenos. Há também uma probabilidade razoável (não totalmente desprezível) de que isso tenha acontecido com um ou mais planetas.

11. SE UMA PESSOA NASCESSE SEM NENHUM DOS SENTIDOS (INCAPAZ DE RECEBER QUALQUER INFORMAÇÃO EXTERNA) ESSA PESSOA IRIA SER CAPAZ DE PENSAR?

Essa é uma situação sobre a qual pensei algumas vezes em 1992, quando li “Discurso sobre o Método”, voltei a pensar quando assisti ao filme Matrix, quando li uma parte do CTMU, quando escrevi a doutrina da Igreja do Bem, e em outras ocasiões.

Em primeiro lugar, seria necessário conceituar “pensamento”. Se for interpretado como “processamento de informações”, então seria necessário saber mais sobre como os pensamentos se originam e evoluem em pessoas “normais” e pessoas com a ausência de alguns sentidos.

Por exemplo: uma pessoa que nasce sem visão, pode ter noções de forma graças ao tato, mas não teria como saber qual é a sensação de cores, ainda que possa compreender o conceito de cores. Ela poderia, por exemplo, aprender como as misturas de algumas cores produzem outras e, a partir daí, deduzir como outras misturas produzem outras cores, tão bem quanto uma pessoa com visão normal, mas os processos cognitivos nos quais ela se basearia seriam totalmente diferentes. Em vez de uma estimativa da mistura com base numa imagem colorida, pensaria provavelmente numa escala linear (para duas cores) ou um diagrama de Venn para mais de 2 cores, seria uma abordagem mais abstrata, mais técnica, já que ela não teria dados empíricos para utilizar.

Contudo ela teria vários outros sentidos para fazer analogias e associações úteis, além de dispor de meios para aprender uma linguagem, Matemática, Lógica etc. Mas se fosse privada de todos os sentidos, não teria como aprender linguagem nem Matemática de fontes externas nem teria

subsídios para inventar a Matemática devido à ausência de imagens de que pudesse se lembrar. Não sei se é possível inventar Matemática sem Geometria. Se ela não sente os próprios dedos tocando uns nos outros, não sente dor nem frio, não ouve, não cheira etc., ela também não saberia mastigar e engolir, precisaria receber nutrientes por uma sonda ou similar.

Um ponto importante é se a ausência de todos estes sentidos estaria relacionada à ausência ou à inatividade de setores correspondentes no cérebro ou de terminais sensoriais que recebessem os estímulos, ou de transmissores que enviassem os sinais ao cérebro ou alguma combinação destes. Creio que o caso mais interessante seria com o cérebro intacto, e as limitações causadas pela inatividade ou inexistência de sensores e/ou transmissores.

Esta pessoa não receberia informações externas de nenhuma fonte, viveria numa condição totalmente homogênea e inalterada.

Um feto já interage e memoriza sons bem antes de nascer, mas não sei se há muitas pesquisas sérias sobre como se dá esse processo. Dizem que fetos sonham, mas não sei em que medida essa informação é confiável. Uma criança normalmente começa a pensar a partir de suas interações com o ambiente e com seu próprio corpo: observa, formula hipóteses, testa as hipóteses, e assim vai deduzindo como o mundo funciona. A criança percebe que não consegue atravessar algo com a mão sem que provoque um buraco no objeto, exceto a água e outros líquidos, que espontaneamente fecham o buraco em seguida. Crianças não entendem bem a existência do ar, embora percebam o vento, mas a maioria não faz boas deduções sobre as propriedades gerais do ar. A criança percebe que se chorar, recebe comida, ou trocam suas fraldas, e mesmo que não seja prontamente atendida ao começar a chorar, algum processo faz com que ela prefira chorar e gritar do que esfregar os dedos ou piscar os olhos, para “dizer” que precisa de algo. Ela não desiste da hipótese de que “chorar não funcionou. Ninguém veio me salvar. Vou tentar então encostar a língua no céu da boca e ver se alguém vem”. Ela continua chorando, como se tivesse uma compreensão prévia de que aquilo funciona, mesmo que os dados experimentais sugiram o contrário. Provavelmente devido a fatores evolutivos: crianças com o hábito de chorar ao sentir fome tinham maiores probabilidades de sobreviver do que aquelas que coçavam a cabeça, então esse não é um ato planejado. É involuntário. Com o tempo, ela acaba descobrindo que chorar produz o efeito de chamar a atenção e pode começar a utilizar essa

estratégia conscientemente, mas mesmo antes de saber que a estratégia funciona, ela já a utiliza espontaneamente.

A criança sem qualquer sentido, inclusive não sentir forme ou dor, não teria o estímulo para começar a chorar.

Nesse contexto, creio que não haveria na mente dessa criança as unidades de informação necessárias para construir pensamentos, nem haveria modelos a partir dos quais pudessem fazer analogias, associações, deduções. Teoricamente ela não teria impedimento para inventar tudo, imaginar todo um universo com suas próprias regras, mas a probabilidade disso seria baixa. Uma criança como Einstein ou Gauss, por exemplo, ou Euler, que acabou ficando cego, creio que ainda assim não atingiriam o nível necessário para inventar algo do nada e ir derivando pensamentos progressivamente mais complexos, sem tomar como base algum modelo previamente observado/sentido do mundo físico. A ausência de dados seria extrema e acho que nestas condições não teria como pensar. Por analogia, seria como um hardware muito sofisticado, equipado com uma IA como MuZero ou superior, mas que não recebesse nenhum input, não tivesse nada em seu banco de dados, não passasse por nenhum treinamento.

Numa conversa com a Tamara, ela considerou que o enunciado da pergunta não implica que a pessoa não sentiria fome. Conversamos sobre isso e relemos o enunciado, mas não chegamos a um consenso, porque não estavam claros dois pontos importantes: o enunciado diz *“incapaz de perceber qualquer informação externa”*, mas o conceito de “externo” não é trivial nem consensual. O outro ponto nebuloso é sobre o que exatamente deve ser interpretado como “sentido”. Aprendemos na escola sobre 5 sentidos, mas sabemos que eles não representam a totalidade do que podemos sentir nas interações com o ambiente e nas funções fisiológicas.

Algumas fontes apresentam listas com 32 sentidos, e essas listas poderiam ser ampliadas a mais de 100, ou sintetizadas em 5 a 8 sentidos. Nesse site https://alociencia.com.br/podcast/117-os-32-super-sentidos-do-ser-humano/ podemos encontrar uma lista com 32 “sentidos”:

- Visão
1. Visão que vê as cores
2. Visão que tem a sensação da luz
3. Audição
4. Olfato
- Paladar

5. Salgado
6. Doce
7. Amargo
8. Azedo
9. Umami (Ajinomoto)
- Tato
10. Sensação de pressão
11. Sensação de vibração
12. Sensação de contato suave
13. Coceira
- Sensação de dor
14. Temperatura perigosa
15. Substâncias químicas perigosas
16. Danos mecânicos
- Temperatura
17. Frio
18. Calor
19. Mapeamento do corpo
- Sentidos de Orientação (equilíbrio)
20. Rotação da cabeça em 3 dimensões
21. Sensação de Movimento vertical (tipo de elevador)
22. Sensação de Movimento horizontal (tipo de um carro)
- Sensações interiores
23. Batimento Cardíaco
24. Pressão Sanguínea
25. Dióxido de Carbono no sangue
26. Oxigênio no sangue
27. Estiramento pulmonar
28. PH do líquido cefalorraquidiano
- Sentidos Viscerais
- Sensações de fome e sede
29. Pressão osmótica coloidal (sensação de quanta água preciosa existe dentro do corpo)
30. Preenchimento do estômago
31. Preenchimento da bexiga
32. Preenchimento do reto

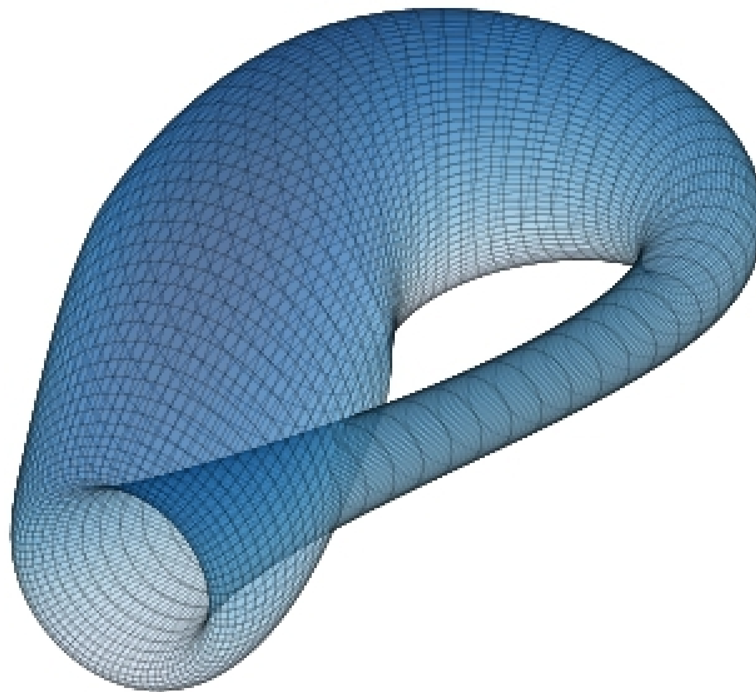
Conforme comentei, essa lista me parece controversa, pois poderia conter muito mais itens, ou muito menos. Em vez de “visão em cores”, por exemplo, poderia ser considerado cada tipo de cone para cada cor primária, e muitos outros itens poderiam ser desmembrados num número maior de itens. De qualquer modo, essa lista é razoavelmente completa e procura cobrir diferentes tipos de sentimentos fisiológicos, contribuindo para ter uma ideia melhor sobre a análise que estamos fazendo, não no sentido de ajudar a enxergar uma resposta, mas no sentido de compreender que se trata de uma questão bastante complexa.

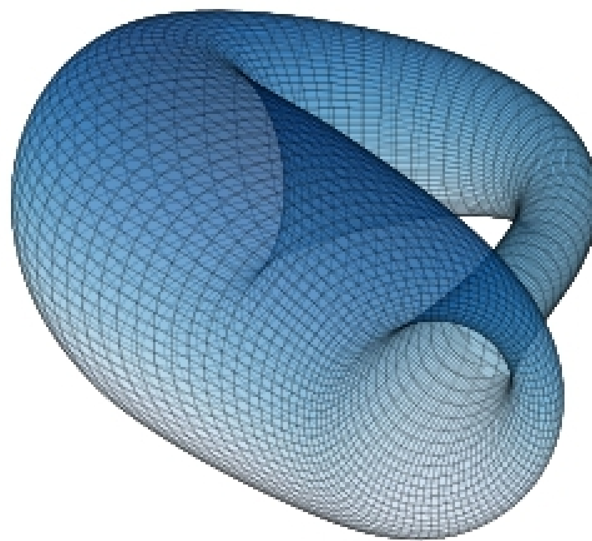
Uma das dificuldades está relacionada ao significado de “externa”. Externa a que? Ao cérebro? À superfície da pele?

Quando se faz o contorno dos lábios de fora para dentro, ou dos ouvidos, o que pode ser considerado “fora”. Dentro da orelha ainda é fora? Quanto é necessário penetrar na orelha para ser considerado “dentro”? O problema começa a se tornar geométrico e topológico.

Se for seguindo pela superfície “externa” do corpo, passar pela boca, seguir pela faringe, laringe etc. Essa superfície é topologicamente a mesma da pele na palma da mão. Se a palma da mão é “externa”, então o “interior” da laringe também é, porque se encontra na mesma superfície onde está a palma da mão.

Para explicar melhor essa situação, gerei em Python duas vistas diferentes de uma projeção em 2D de uma imersão em 3D de uma garrafa de Klein:





Veja também uma animação dessas imagens em meu canal, para perceber melhor as propriedades desse objeto: https://www.youtube.com/channel/UC_LpU08PgkQcC77hKhYijPw

Uma garrafa de Klein é um objeto no qual não há distinção entre lado de fora e de dentro. É uma superfície única que conecta todas as suas partes. O corpo humano não tem essa propriedade, mesmo porque não pode

existir algo assim num espaço 3D. Mas um copo "normal", cujas bordas sejam arredondadas, também é um objeto que não possui lado de fora ou de dentro, sob o ponto de vista topológico, porque a superfície interna e a externa estão conectadas, uma é continuação da outra. Nesse contexto, se aplicar um fluxo de Ricci ao copo, de modo a suavizar todas as suas curvaturas (aumentando as curvaturas menores e diminuindo as maiores), esse copo evoluirá para se transformar numa esfera, portanto o copo é topologicamente igual a uma esfera, ou melhor, é uma esfera.

O mesmo valeria para uma garrafa, um dado ou a uma Torre de Xadrez, mas não valeria para uma xícara, porque o furo que atravessa a asa da xícara faz com que o mesmo processo descrito acima transforme a xícara num toro (entre outras possibilidades).

Os conceitos de "dentro" e "fora", sob uma perspectiva rigorosa, deveriam ser prioritariamente analisados da maneira como citei acima. Mas, na prática, é comum se referir a "dentro do copo" ou "dentro da garrafa", o que é compatível com a linguagem coloquial e também aceitável sob um ponto de vista geométrico.

No caso do corpo humano, por ser um fractal, a análise é bem mais complexa. Mas, em princípio, parece-me que a interpretação mais apropriada é de que as partes habitualmente consideradas "internas" no corpo são indiferentes das "externas" (topologicamente), na maioria dos casos. Todavia, essa interpretação não é clara nem simples, porque não há propriamente "superfícies" ou "variedades" contínuas quando se trata do corpo humano. Conforme mostrei em meu livro IMCH, o corpo humano é um fractal com dimensão em torno de 2,57, portanto não é 2D nem 3D, portanto não tem exatamente algo que possa ser chamado "superfície". Além disso, a dimensão fractal do corpo varia ao longo da vida. Crianças têm dimensão fractal um pouco maior do que adultos. Isso sem contar que numa mesma pessoa, num mesmo momento, a dimensão depende da parte do corpo. Algumas partes do corpo têm dimensão entre 2 e 2,2 enquanto outras partes têm dimensão entre 2,7 e 2,9.

Quando falamos de "superfície" de um copo, estamos nos referindo a 2D[(*)], e permanece 2D. O lado de "dentro" do copo e o de "fora", ambos têm 2D. Mas quando falamos do corpo humano, a parte "externa" e a "interna" não possuem necessariamente mesma dimensão, o que torna nebulosa a interpretação sobre se a "variedade" 2,28D "exterior" é a mesma variedade 2,71D "interior", que teria se tornado mais "complexa" e

“densa”, preservando a orientação, ou se essa mudança na complexidade e na densidade interferiu na orientação.

[(*) a rigor, um copo também não tem exatamente 2D, mas essa é uma boa aproximação em escala macroscópica. A dimensão é quase exatamente 3D para o copo e 2D para a superfície do copo]

Há ainda várias outras complicações, porque alguns furos no corpo estão conectados com outros furos. A boca e o ânus, por exemplo, há um caminho pelo qual o alimento ingerido pela boca segue até ser eliminado pelo ânus, atravessando o corpo. Então o corpo é uma espécie de politoro fractal. Se o único par de orifícios com essa propriedade fosse o par que unisse a boca ao ânus, seria um toro. Se houvesse 2, seria um bitoro e assim por diante. Mas o número total de furos que se conecta dessa maneira não é bem determinado, inclusive os caminhos para alguns pares de furos se conectam com os caminhos para outros pares de furos.

Uma contagem simplificada indica que o corpo pode ter 9 orifícios, e mesmo nessa visão simplificada, esses orifícios não se conectam por um caminho estável e permanentemente desobstruído.

Esse número de 9 orifícios é obtido considerando 2 ouvidos, 2 narinas, 2 olhos, boca, anus e uretra. Mas nessa contagem também se pode incluir o umbigo como um orifício vedado, pode-se incluir os dutos lacrimais e os dutos de Bartholin. Nas mulheres há também as glândulas de Skene e glândulas de Bartholin, pode-se incluir todos os poros e óstios pilosos. Assim, o número de orifícios pode chegar a cerca de 5.000.000. Se interpretar o espaço entre os núcleos atômicos como “orifícios”, esse número pode ultrapassar 10^{27}. Ou pode-se interpretar que os olhos e umbigo não são orifícios, reduzindo o total a menos de 9.

Considerando esses fatos, se o estômago for interpretado como uma parte interna, o sentimento de fome poderia ser considerado “permitido” pelo enunciado. Nesse caso, a sensação de fome poderia desencadear processos cognitivos, porque estaria abastecendo o cérebro com informações e estimulando reações de luta pela sobrevivência. A sensação de sede, de asfixia, calor, frio, sono, susto etc. também são complicações a serem consideradas e que o enunciado não deixa claro se a pessoa poderia ter esse tipo de sensação. Quando se fala em “nenhum dos sentidos”, geralmente pensamos nos 5 sentidos que aprendemos na escola, mas essa simplificação não descreve, nem remotamente, a totalidade das sensações.

Portanto, a resposta a essa questão depende de uma especificação mais detalhada e completa de vários itens. Se considerar “todos os

sentidos”, inclusive sono, medo, raiva etc., se a pessoa não pudesse ter qualquer tipo de sentimento, então talvez essa pessoa não dispusesse de recursos mínimos para formular pensamentos. Mas se o enunciado permitir que a pessoa tenha alguns dos sentimentos mencionados, então a quase certamente ela construirá pensamentos baseados no que ela pode conhecer – intensidades, durações, frequências e variações desses sentimentos.

Por exemplo: se a pessoa fosse alimentada e hidratada 1 vez por dia, perceberia que a sede surge mais rápido do que a fome e produz maior desconforto mais rapidamente do que a fome. Porém se a pessoa fosse hidratada a cada 2 horas, mas só fosse alimentada a cada 24h, talvez ela fosse “enganada” por um viés cognitivo de que não existe sede, ou de que a fome ocorre com maior frequência e maior intensidade do que a sede.

12. SE AS GALÁXIAS MAIS DISTANTES ESTÃO A VELOCIDADES MAIS ALTAS, E QUE QUANTO MAIS DISTANTE OLHAMOS MAIS ANTIGO O ASTRO É, ISSO NÃO QUER DIZER ENTÃO QUE O UNIVERSO ESTÁ NA VERDADE DESACELERANDO?

Não. A velocidade de recessão é medida com base no desvio para o vermelho, ou seja, na dilatação das raias espectrais observadas na luz que nos chegou agora, não na luz como era na época que foi emitida, pois esta não temos como saber como era, podemos apenas supor que as raias espectrais dos elementos químicos naquela época fossem iguais às de agora, e que devido ao efeito Doppler esta luz que nos chegou está mais larga do que era naquela época. Portanto o desvio para o vermelho fornece uma medida de quanto é a velocidade atual de recessão para objetos que estejam à distância da fonte de luz considerada.

Nas imagens abaixo, pode-se ver uma representação (em cores) das raias de absorção de vários elementos e um exemplo real com raias de absorção de hidrogênio e potássio. Quanto mais distante (e maior a velocidade de recessão), mais a raia está deslocada para a direita. Esse deslocamento é uma medida de agora, não da época que a luz foi emitida.

European Southern Observatory

Very distant galaxy

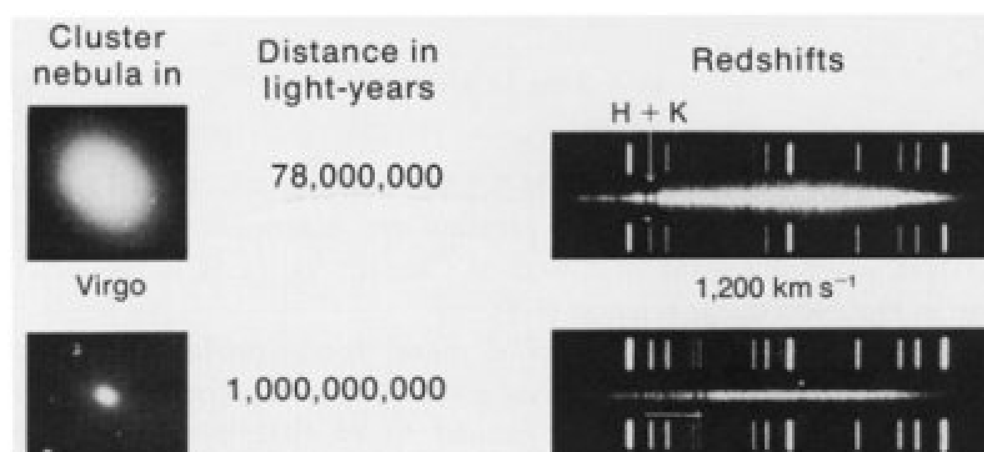
Distant galaxy

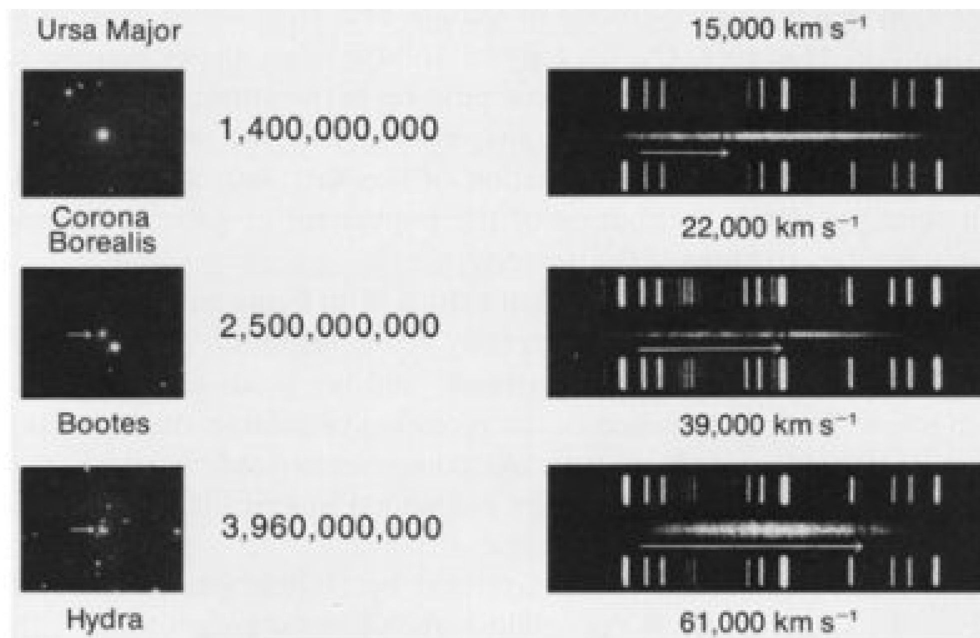
Nearby galaxy

Spectrum laboratory reference

400 450 500 550 600 650 700 750 800

nm





Nesse exemplo é importante enfatizar que no caso da galáxia a 78 milhões de anos-luz, a medida de desvio para o vermelho não é tão relevante para determinar sua distância nem para determinar a curva de regressão dos pontos que determinam os parâmetros da função usada para relacionar a distância com o desvio para o vermelho, porque como está relativamente próxima e sua velocidade de recessão é relativamente baixa, seu movimento próprio pode ter velocidade maior do que a velocidade associada à expansão e produzir um desvio para o azul, ou pode ser quase tão grande quanto e atenuar significativamente o desvio para o vermelho produzido pela expansão. Isso porque uma galáxia a apenas 0,078 bilhões de anos-luz tem *red shift* de aproximadamente 0,078/13,8≅0,0057, já que a idade do universo no modelo padrão é cerca de 13,787 bilhões de anos. Na verdade, a fórmula não é exatamente essa, porque há uma diferença entre velocidade própria e velocidade comóvel, mas para galáxias próximas essa diferença é mínima.

No caso de Andrômeda – assim como nos casos de algumas outras do Grupo Local –, apresenta desvio para o azul, porque o movimento próprio é quase aleatório, para qualquer direção, e algumas estão se aproximando, pois na região em que se encontram a velocidade de recessão é pequena em comparação ao movimento próprio, e se o componente deste movimento próprio em nosso sentido for maior do que a velocidade de recessão, haverá desvio para o azul. As muito distantes, por terem

velocidade de recessão muito maior, o movimento próprio geralmente tem velocidade muito menor do que a velocidade de recessão, por isso acaba predominando a velocidade de recessão.

Para ter uma ideia mais clara sobre isso, precisamos ter uma noção das ordens de grandeza das velocidades envolvidas, porque todos os objetos no Universo estão em movimento, uns em relação aos outros. Mas em escalas diferentes as velocidades são diferentes, e nenhuma dessas velocidades é relevante quando se considera as velocidades de recessão de objetos muito distantes, mas quando se considera objetos próximos, a velocidade própria é muito relevante.

- Os planetas no Sistema Solar possuem velocidades relativas de algumas dezenas de quilômetros por segundo, porque todos estão girando em torno do baricentro do sistema a velocidades entre 5,38 km/s (Netuno no afélio) e 60,26 km/s (Mercúrio no periélio).
- As estrelas na Via-Láctea, na região do Sistema Solar, todas têm quase mesma velocidade (236 km/s) em torno do centro da Via-Láctea, por estarem a distâncias semelhantes do centro. A separação média entre 2 estrelas é cerca de 5 anos-luz, e a distância ao centro da galáxia é cerca de 26.440 anos-luz, portanto as pequenas flutuações nos parâmetros orbitais da maioria das estrelas nessa região resultam em diferenças relativamente pequenas em suas velocidades, logo suas velocidades relativas (umas em relação às outras) ficam no patamar de algumas dezenas de quilômetros por segundo. Mas se comparadas a estrelas de regiões diferentes da Via-Láctea, as velocidades relativas são bem maiores, podendo ultrapassar 500 km/s.
- Nos casos das galáxias, também apresentam movimentos relativos a outras galáxias próximas a elas na faixa de algumas centenas de quilômetros por segundo, mas se comparadas a galáxias distantes, essas velocidades são muito maiores. O movimento da Via-Láctea em relação à radiação de

fundo é cerca de 552 km/s, e em relação a outras galáxias do Grupo Local fica na faixa de algumas centenas de quilômetros por segundo, mas se compara a galáxias distantes, chega a muitos milhares de quilômetros por segundo.

No exemplo de Andrômeda, as medidas de efeito Doppler indicam que ela está se aproximando à velocidade de 301 km/s, portanto com desvio para o azul z = -0.001004. Entretanto, com base nos períodos de cefeídas, de variáveis RR Lyrae, do brilho de supergigantes vermelhas, das propriedades de aglomerados globulares e outros métodos estatísticos, a distância de Andrômeda é calculada como sendo cerca de 785 kpc ou 2.560.000 anos-luz. Portanto a região do espaço na qual ela se encontra está se afastando da região do espaço na qual nós nos encontramos à cerca de 56 km/s.

A velocidade de recessão é determinada de maneira simplificada por $v=H_0d$ ou por v=cz, onde c é a velocidade da luz no vácuo e z é o desvio para o vermelho do objeto (nesse caso, a galáxia de Andrômeda), "d" é a distância em Megaparsecs, H_0 é a constante de Hubble, cujo valor ainda não é bem conhecido. As medidas mais recentes indicam cerca de 68,3 km/s/Mpc, mas os resultados variam substancialmente conforme o método utilizado na medição. Em medições realizadas em fevereiro de 2022, chegou-se a 73,39 km/s/Mpc, ao passo que em dezembro do mesmo ano, o valor encontrado foi 68,3 km/s/Mpc.

Usando $v=H_0d$, encontramos 0,785 Mpc × 68,3 km/s/Mpc ≅ 53,6 km/s

Usando v=cz, onde z, para objetos próximos, é aproximadamente a distância do objeto dividida pela idade do universo em anos-luz:

$$299.792{,}458\ \mathrm{km/s}\frac{2.560.000\ \mathrm{al}}{13.787.000\ \mathrm{al}} \cong 56\ \mathrm{km/s}$$

Como a constante de Hubble não tem um valor determinado acuradamente e Andrômeda está relativamente próxima, a segunda fórmula é preferível.

O importante a ser observado aqui é que a velocidade de recessão para um objeto situado a cerca de 2,5 milhões de anos-luz é da ordem de 50 km/s, enquanto a velocidade própria de galáxias próximas entre si é da

ordem de 500 km/s. Por isso, dependendo da direção e do sentido do movimento de uma galáxia, ela pode estar se aproximando de nós a uma velocidade maior do que a velocidade de expansão para a localidade dela, como acontece no caso de Andrômeda.

Para galáxias mais distantes, o movimento próprio passa a ter peso cada vez menor. Uma galáxia a 20 Mpc, por exemplo, tem velocidade de recessão 20 Mpc × 70 km/s/Mpc ≅ 1400 km/s, bem maior do que a média da velocidade aleatória típica de uma galáxia, por isso é improvável que uma galáxia a essa distância, ou mais afastada, tenha desvio para o azul, porque ela precisaria ter velocidade própria em nossa direção maior do que 1400 km/s.

No caso de Andrômeda, ela possui um movimento próprio em relação a nós de 357 km/s, que é atenuado em cerca de 56 km/s pelo fato de o universo estar se expandindo, mas essa expansão não é suficiente para compensar inteiramente seu movimento próprio, de modo que ao considerar a dinâmica total do sistema, ela está se aproximando mais do que se afastando, produzindo um movimento composto de 301 km/s em nossa direção, que é a velocidade medida no desvio para o azul.

Além disso, ela está se aproximando com dupla aceleração: uma aceleração produzida pela gravidade e outra pela redução na velocidade de recessão à medida que ela fica mais próxima. Porém ela também possui uma desaceleração própria, porque embora esteja sendo atraída em nossa direção, existem muitos outros objetos que também estão exercendo ação gravitacional sobre ela, e a ação conjunta de todas as forças produz o resultado observado.

Objetos mais distantes, como o quasar 3C273, situado a 2.443.000.000 anos-luz, com z=0,158339, possuem velocidade de recessão muito maior (16% da velocidade da luz no vácuo). Portanto 47.000 km/s. Esse quasar está na foto abaixo, que tirei em 7/1/2020, com um refrator Celestron 102 mm e uma câmera Sony A7R II.



Por esses motivos, nos casos das galáxias próximas (menos de 30 milhões de anos-luz), mesmo que tenham desvio para o vermelho, não se pode supor que esse desvio seja proporcional à distância, porque o ruído espúrio produzido pelo movimento próprio acaba desempenhando um papel relevante no efeito Doppler. Nesses casos, a distância precisa ser estimada com base em supernovas do tipo Ia, ou cefeídas, ou algum método estatístico sobre aglomerados e populações estelares, ou combinações destes métodos.

13. SE CORREMOS ATRÁS DE UM SOM QUE UMA PESSOA FALOU OUVIREMOS O SOM DE TRÁS PRA FRENTE?

O som é uma onda mecânica que precisa de um meio de propagação, que nesse caso seria o ar. Se uma pessoa (The Flash) estiver correndo a 500 m/s em relação ao solo, sem arrastar ar junto a seu corpo, e der um grito, então esse grito começará a se propagar pelo ar à velocidade de 337,47 m/s em relação ao solo (supondo uma temperatura de 10ºC ao nível do mar com ar seco) em todas as direções, iniciando o movimento a partir do ponto em que cada parte do grito tiver sido emitida.

Dessa forma, uma pessoa parada em relação ao solo e posicionada atrás do corredor – isto é, o corredor se afastando dela a 500 m/s –, vai ouvir as palavras na mesma ordem em que foram proferidas, porém o intervalo de tempo entre o instante que começa a ouvir as palavras até o instante em que termina será cerca de 2,5 vezes maior, em comparação ao tempo que levaria se o corredor estivesse parado em sua frente. Além disso, o som chegará mais grave (a voz do corredor parecerá mais “grossa”), devido ao efeito Doppler.

Mas uma outra pessoa parada em relação ao solo, que esteja posicionada à frente do corredor – isto é, o corredor se aproximando dela a 500 m/s –, vai ouvir as palavras como se tocasse um disco de vinil ao contrário. O som também ficará mais grave, porque a velocidade do corredor em relação às ondas sonoras será de 163 m/s, causando efeito Doppler como se o som fosse tocado à velocidade de cerca de 0,5× (mais precisamente 163/337). Se a velocidade do corredor fosse 800 m/s, o som ficaria mais agudo.

Além disso, a própria pessoa que estava correndo, se ela deixar de falar, continuar correndo por mais alguns segundos a 500/s, e então parar de correr, ela começará a ouvir os sons que ela própria havia emitido alguns segundos antes, e esses sons chegarão na ordem oposta.

Esses efeitos ocorrem por dois motivos:

1) A maneira como as ondas se propagam é diferente da maneira como as partículas se propagam. Se, em vez de gritar, o corredor estivesse atirando bolinhas no mesmo sentido de seu movimento, a velocidade do corredor seria somada à velocidade de cada bolinha. Porém a velocidade de propagação das ondas não incorpora a velocidade da fonte emissora, exceto na medida em que a fonte emissora provoca um arrasto numa parte da massa de ar ao seu redor (porque nesse caso o ar é o meio de propagação da onda). Então se o corredor estivesse jogando bolinhas a 337 m/s no mesmo sentido de seu movimento, cada bolinha se moveria a 837 m/s em relação ao solo. Mas o som se moverá a 337 m/s em relação ao solo (e em relação à massa de ar) independentemente de qual seja a velocidade do corredor.

2) Com base no item 1, podemos inferir que, conforme o corredor se move, o ponto de partida de cada "partícula" de som s_1, s_2, s_3 ... s_n corresponde à posição do corredor no instante em que emitiu a respectiva "partícula" de som. Como o corredor está se movendo mais rapidamente do que a velocidade que o som se propaga no ar, então cada som que ele emite vai ficando para trás dele (diferentemente do que ocorreria se ele estivesse jogando bolinhas). Nesse cenário, o último som emitido por ele estará à frente do penúltimo, que estará à frente do antepenúltimo e assim sucessivamente. Por isso o último som chegará primeiro à pessoa que estiver em sua frente e os demais sons emitidos continuarão chegando na ordem oposta à que foram emitidos, portanto a pessoa terá a sensação equivalente à de ouvir um disco ao contrário.

> [Detalhe: atualmente o YouTube utiliza uma "correção" quando se reduz ou se aumenta a velocidade, por isso a voz não ficará mais grave nem mais aguda, mas se fizer isso com um *player* de vídeo ou áudio que não utilize essa correção, ou usando um disco de vinil numa vitrola ou um antigo gravador de fitas cassete, poder-se-á constatar que ao tocar um disco ou fita mais devagar, o som ficará mais grave]

No mundo real, a pessoa vai arrastar um pouco de ar junto ao corpo, e essa parte da massa de ar próxima à região onde o som foi originado vai se propagar inicialmente à velocidade do som combinada à velocidade da massa de ar arrastada pelo corredor, mas logo que essa parte da massa de ar ficar para trás a uma distância suficiente para que o arrasto deixe de ser

relevante, passará a se propagar à velocidade de 337 m/s. Essa turbulência no movimento do ar nas proximidades do emissor do som pode modificar a ordem em que os sons foram emitidos e alguns trechos podem ficar ao contrário, outros sobrepostos e outros na ordem direta. Para compreender melhor esse tipo de perturbação, veja o artigo sobre o efeito óptico *"Fata Morgana"*, que está relacionado a um efeito diferente, mas produz resultados semelhantes no que diz respeito às perturbações que afetam a ordem em que os dados são emitidos e a ordem que chegam ao observador. No caso do efeito *Fata Morgana* é mais didático por ser visual.

Ilustrei com um exemplo de o emissor correndo (em vez de o receptor correndo) para enfatizar o detalhe adicional que o fato de ele estar correndo não altera a velocidade do som em relação ao meio, exceto na região turbulenta do meio que está próxima a ele e que, por isso, esteja sofrendo arrasto.

Esse efeito se observa também com a luz, na radiação Cherenkov e se extrapola para a Teoria dos táquions. No século XIX, foram realizados vários experimentos sobre isso, bem como foram apresentadas diferentes teorias para tentar explicar os resultados. Fresnel e Strokes foram dois dos principais teóricos pré-relatividade, enquanto Fizeau, Michelson e Morley foram alguns dos principais experimentalistas. A correta compreensão desse fenômeno acabou desempenhando um papel importante na formulação da Teoria da Relatividade.

A reverberação (citada no mesmo site numa resposta apresentada por outra pessoa) é outra coisa. O som que se reflete no anteparo retorna na mesma ordem que foi emitido. Se a pessoa disse "bolacha" os sons que atingirão o anteparo serão primeiro o "bo" e depois de atingir o anteparo começa a voltar; então o "la" atinge o anteparo e começa a voltar; depois o "cha" atinge o anteparo e começa a voltar. Os sons que constituem cada sílaba também permanecerão na mesma ordem, portanto a palavra inteira, ou as frases inteiras, ficarão na mesma ordem.

14. AS DIFERENÇAS NO TAMANHO DOS INFINITOS TÊM UM SIGNIFICADO OBSERVÁVEL FORA DA MATEMÁTICA?

Sim. Inclusive é muito provável que Cantor tenha se inspirado no mundo físico para formular sua teoria dos conjuntos transfinitos[*]. Há abundantes exemplos de variáveis contínuas e discretas, como área de um terreno e número de terrenos. Mesmo que houvesse um número infinito de terrenos, seria um número inteiro, enquanto a área de um terreno é contínua, podendo assumir qualquer valor real, impossibilitando uma relação bijetora que pudesse representar todos os tamanhos possíveis por meio de todas as quantidades possíveis de áreas.

Há também o exemplo da roda de Aristóteles, um interessante "paradoxo" proposto há quase 2500 anos e só recentemente foi explicado. Ao tentar determinar o valor de π, pode-se marcar um ponto numa roda, usar essa marca para determinar um ponto de partida, rolar essa roda ao longo de uma trajetória reta até que a mesma marca volte a tocar o solo. Então o comprimento dessa linha dividido pelo diâmetro da roda fornecerá o valor aproximado de π.

Roda de Aristóteles - www.saturnov.org



Não será exatamente π porque a roda não é perfeitamente circular, a linha não é perfeitamente reta, as medições não serão infinitamente precisas

e acuradas etc. Mas o resultado deveria ser bem próximo de 3,14.

O problema é que dentro da roda externa, definida pela superfície exterior que toca o chão, há também uma roda interna definida pela “calota” (região avermelhada na imagem acima). Essa região forma um círculo muito menor, porém ao girar a roda 360º, essa região também vai girar 360º e vai percorrer exatamente a mesma distância que a roda maior, com o detalhe que se dividir essa distância pelo diâmetro da calota, o valor encontrado será muito diferente de π. Nesse exemplo, o valor é maior do que 6. Isso acontece precisamente porque tanto a roda menor quanto a maior são ambas formadas por infinitos pontos.

Quando a roda grande se move e a roda menor acompanha o movimento, a cada infinitésimo de giro a roda pequena “escorrega” um pouco, numa proporção igual à proporção entre o diâmetro da maior e a menor. Embora não aconteça exatamente assim no mundo real, devido às discretizações das rodas em átomos, esse efeito ajuda a ilustrar a questão como uma curiosidade histórica, lógica e matemática.

Embora eu tenha considerado que a discretização ocorre na escala dos átomos, é possível que não seja bem assim. Talvez ocorra em escala molecular, ou em escalas muito menores.

[(*) Uma explicação didática sobre infinitos de diferentes “tamanhos” pode ser encontrada no livro “Almanaque das Curiosidades Matemáticas”, de Ian Stewart, Prof. Emérito de Matemática]

15. A CAPACIDADE DE PREVER JOGADAS NO XADREZ TEM A VER COM QI?

Sim. Há correlação positiva, embora não seja forte. A memória desempenha um papel mais importante do que a inteligência para o cálculo de variantes, especialmente a memória de trabalho (equivalente à memória RAM), e os melhores jogadores de Xadrez geralmente têm uma memória especializada, que lhes permite lembrar de grande número de partidas e posições, sem que necessariamente apresentem mesma facilidade para memorizar mesma quantidade de informações envolvendo textos, números, objetos etc.

Quando a pessoa tem memória excepcional para algo específico, geralmente também apresenta memória acima da média para tudo ou quase tudo, mas não na mesma proporção. Por exemplo: algumas pessoas podem ter memória para cartas de baralho num nível 6 desvios padrão acima da média, mas "apenas" 4 desvios padrão acima da média para números, 3,5 desvios padrão acima da média para textos, 3 desvios padrão acima da média para cubos de Rubik e 2,5 desvios padrão acima da média para Xadrez. Citei a memória como exemplo, mas o mesmo acontece com o QI, com a aptidão para música, para matemática, para Futebol ou qualquer outra, mas não na mesma proporção. Algumas pessoas conseguem ouvir uma música apenas uma vez e depois reproduzi-la de memória, outras conseguem olhar para uma paisagem, ir para casa e depois de várias horas pintar aquela paisagem com grande riqueza de detalhes, com base apenas em sua lembrança. Mas essa pessoa com memória para música não terá necessariamente memória igualmente boa para paisagens, mesmo que ela seja compositora e pintora, assim como aquela com memória excepcional para paisagens não terá memória igualmente boa para música. Mas ambas terão provavelmente memória bem acima da média para a outra atividade, embora não tão acima da média quanto para a especialidade de cada uma.

O importante a ser compreendido é que a posse de alguma habilidade muito desenvolvida geralmente implica outras habilidades

também muito desenvolvidas, mas não todas no mesmo nível de desenvolvimento. Pode acontecer de várias delas estarem no mesmo nível de desenvolvimento, ou não. Newton, por exemplo, era quase tão bom em Matemática quanto era em Física. Além disso, era muito bom para escrever, para questões mecânicas em geral, questões lógicas em geral, Química (Alquimia, na época), reconhecimento de padrões etc., mas nessas outras atividades não era tão bom quanto em Física e Matemática. Leonardo da Vinci era excepcionalmente competente em muitas áreas diferentes, e com performances quase tão boas em meia dúzia ou mais dessas atividades, inclusive Engenharia e Pintura.

Embora a maioria dos testes de QI não inclua testes de memória, o QI está positivamente correlacionado com a memória, portanto além dos fatores cognitivos que relacionam o QI ao cálculo de variantes, também há os fatores mnemônicos que, por estarem relacionados ao QI, fazem com que o QI esteja também indiretamente relacionado à capacidade de calcular variantes longas e densamente ramificadas.

Em relação à qualidade dos lances, depende muito mais do conhecimento. Se a pessoa já estudou muitos temas táticos e estratégicos, para ela é muito mais fácil prever sequências baseadas em padrões (*tabiyas*) que já conhece do que se tivesse que improvisar e descobrir os melhores lances. Quando são posições predominantemente estratégicas, o conhecimento é ainda mais importante, porque não depende de cálculo, mas sim de posições previamente estudadas e dos critérios para julgar essas posições como boas ou ruins e decidir se convém eleger numa variante que entrará em tais posições. É muitíssimo difícil deduzir esses conceitos estratégicos de improviso, porque alguns deles levaram séculos para que fossem descobertos, a partir do estudo combinado de milhares de teóricos como Philidor, Steinitz, Reti e outros. Quando a posição pode ser resolvida taticamente, isto é, depende de cálculo, é comparativamente mais fácil descobrir os melhores lances de improviso, e mesmo que a pessoa nunca tenha visto aquele tema tático na vida, ela pode descobrir na hora, porque os processos cognitivos subjacentes se baseiam em resultados mais concretos: se a pessoa fizer o lance “16. Bg5”, o oponente pode seguir com 16...Ce4 e depois de 5 lances ela inevitavelmente perderá uma peça, no mínimo, em todas as variantes principais, então ela deduz que isso é ruim, não há mistério nisso. Porém, quando se trata de um conceito estratégico, algo do tipo: se a pessoa fizer o lance “16. Bg5”, ficará com um Bispo-mau contra

Bispo-bom. Se a pessoa não está familiarizada com o conceito de "Bispo-mau", é muito mais difícil ela deduzir, de improviso, que isso representa uma desvantagem a longo prazo, porque o conceito de Bispo-bom e Bispo-mau levou séculos até ser descoberto, mas depois que foi descoberto, pode ser facilmente aprendido em alguns minutos, desde que a pessoa leia os livros que ensinam esse conceito. É como saber a fórmula para encontrar as raízes de equações quadráticas (Bhaskara) ou ter que descobrir de improviso, sem nunca antes ter visto essa fórmula.

Por isso o conhecimento de muitos conceitos estratégicos proporciona uma gigantesca vantagem. Ou a pessoa conhece o conceito antes de começar o jogo, ou ela não vai perceber a consequência daquilo, e como na maioria das posições não ocorrem temas táticos importantes que envolvam cálculos complexos de variantes concretas, o conhecimento estratégico acaba desempenhando um papel mais importante do que a habilidade tática.

Isso não significa que nunca seja possível deduzir de improviso alguns conceitos estratégicos, mas mesmo nos casos nos quais a pessoa consegue deduzir, ela precisa empreender um tempo muito grande nesse processo de descoberta, além de um esforço muito grande, enquanto a pessoa que já está familiarizada com aquele conceito, simplesmente o aplica com naturalidade, numa fração de segundo, sem sequer precisar pensar para analisar.

Estudos realizados com jogadores de Xadrez desde o final do século XIX, inclusive por Alfred Binet (considerado o "criador" dos testes de QI), mostram claramente esse efeito. Estudos mais recentes, publicados em Scientific American, Nature, New Scientist e outras revistas[(*)], indicam que não há uma diferença marcante entre a capacidade de cálculo de um Grande Mestre de Xadrez (com rating 2600) e um bom amador classificado como "expert" (com 2100) ou um candidato a mestre (com 2200). Tanto o GM quanto o expert calculam aproximadamente mesmo número de lances por segundo, porém o GM filtra muito melhor quais são os lances ruins que não devem ser considerados no cálculo, graças ao uso de melhores heurísticas para podar as ramificações na árvore de análises e ao conhecimento estratégico para decidir quais posições são convenientes e quais não são.

[(*) *"Chess Masters' Hypothesis Testing" de Fernand Gobet e Herbert A. Simon, Cognitive Psychology; "The Role of Deliberate Practice in Chess Expertise" de K. Anders Ericsson, Ralf Th. Krampe e Clemens Tesch-Romer, Psychological Review; "The Mental Advantage of Chess" de Matthew E. Finkelman e Ian W. Hammond, Frontiers in*

Psychology; "Chess Expertise and Memory for Chess Positions in Children and Adults" de László Harmat, Ágnes Tóth, and Edit Urbán, Journal of Applied Research in Memory and Cognition]

Foram realizados também testes para memorizar posições e foi constatado que GMs são capazes de memorizar posições de partidas reais de Xadrez muito mais rapidamente e reproduzir essas posições com menos erros do que experts. Quando o mesmo experimento é repetido, porém substituindo as posições extraídas de partidas reais por posições nas quais as peças são colocadas aleatoriamente sobre o tabuleiro, a vantagem que os Grandes Mestres tinham em relação aos experts desaparece, e não se observa qualquer vantagem estatisticamente significativa no tempo necessário para memorização nem na porcentagem de erros cometidos. Esses resultados revelam fatos importantes sobre quanto do desempenho efetivo no Xadrez está associado a talento natural e inteligência geral e quanto é resultado de muito estudo e talento específico.

Os GMs memorizam mais facilmente posições que "façam sentido" para eles do que posições com as peças em posições aleatórias justamente porque possuem maior talento específico para o Xadrez e mais conhecimento de grande número de posições típicas de Xadrez, de modo que para eles não é necessário memorizar a posição de cada peça, mas sim de uma figura formada pela relação combinada de várias peças que formam um padrão já conhecido, assim utilizam 1 byte para memorizar a posição de várias peças que exercem funções inter-relacionadas, enquanto o jogador menos experiente gasta 1 byte para cada peça, demando mais esforço, mais tempo e com maior taxa de erros.

Foi realizada uma grande variedade de outros experimentos para tentar compreender como se formam os pensamentos na mente de jogadores de Xadrez de diferentes níveis, desde iniciantes até Grandes Mestres, e atualmente já se tem abundantes evidências sobre a correlação entre QI e rating de Xadrez, bem como sabe-se razoavelmente os motivos pelos quais ocorrem exceções. Portanto, há, sim, correlação entre performance no Xadrez e QI. Esse é um resultado bastante lógico e previsível, mas há algumas exceções, de jogadores com QI 110 a 130, como Nakamura, que jogam muito melhor do que outros com QI 200 ou mais, como Einstein.

Para compreender essas exceções, seria necessário explicar o conceito de "correlação", que está fora do objetivo dessa resposta. Há uma explicação didática e detalhada no "Livro de ouro da inteligência".

Garry Kasparov obteve 123 de QI no Raven e 135 no Eysenck, Nigel Short obteve 130 (não foi especificado o teste usado), Nakamura obteve 102 no teste on-line da Mensa Noruega, mas ele resolveu o teste enquanto jogava uma partida de Xadrez ao mesmo tempo, o que pode ter prejudicado seu escore em 5 a 10 pontos. Bobby Fischer obteve escore 123, embora tenha se difundido largamente um resultado falso, de 187, que algumas fontes citam como 184, outras citam como 181, outras arredondam para 180. Mas o que os documentos de Fischer (de sua escola no Brooklin) mostram é 123, inclusive foi publicado no jornal em 1956. Ironicamente, o QI correto de Fischer provavelmente está muito mais próximo do resultado falso (170 a 190) do que o resultado medido em teste clínico. Esse problema é discutido com mais detalhes em outras respostas.

De modo geral, testes de QI tradicionais, usados em clínicas, são inadequados para pessoas com QI muito acima de 130. O caso mais extremo de que tenho conhecimento é o de Henry Poincaré, que obteve escore 35 num teste de QI, mas seu QI verdadeiro é cerca de 230. Entretanto, para mais de 95% da população, o escore produzido pelos testes de QI tradicionais fornece representações bastante próximas do nível intelectual correto da pessoa.

Há algumas complicações a serem consideradas aqui, para que não se fique com uma impressão distorcida em relação à confiabilidade nos testes de QI, seja para mais do que esses testes merecem, seja para menos.

O fato é que os bons testes de QI são instrumentos bem padronizados, mas a faixa amostral que utilizam para a padronização geralmente só inclui pessoas com QI entre 70 e 150 e o teto de dificuldade dos testes raramente chega a 135, por isso os escores de testes de QI tradicionais só são confiáveis no intervalo entre 70 e 130. Isso corresponde a cerca de 95% da população, portanto começa a falhar no topo 2,5% e na base 2,5%, mas Fischer, Kasparov, Nakamura estão, no mínimo, no topo 0,0000001% da população em habilidade específica para o Xadrez, portanto se os QIs deles estivessem num patamar semelhante ao nível de habilidade que eles possuem (ou possuíam) para o Xadrez, nenhum teste de QI existente seria capaz de medir corretamente nesse nível.

No caso específico de Kasparov, os erros que ele comete em assuntos fora do Xadrez são suficientemente numerosos e nítidos para que se possa ter uma ideia razoável sobre o QI correto dele, que fica em torno de 190 (pIQ). Isso é bastante elevado, mas nem de longe se compara ao

nível dele no Xadrez, que seria equivalente a cerca de 240[*] de QI, se os escores fossem colocados na mesma escala e essa escala fosse adequadamente padronizada para preservar uma intervalaridade uniforme.

[(*) Para compreender porque o 240, em vez de 192 ou 123 ou 135, é recomendável a leitura de minhas outras respostas sobre esse assunto e meus livros "Xadrez – Dois novos sistemas de rating, os 2022 melhores jogadores de todos os tempos" e "Livro de ouro da inteligência"]

Há uma extensa lista de falhas e distorções nos testes de QI, no rating de Xadrez, no h-index, nos critérios para homologação do prêmio Nobel, da medalha Fields e de outros prêmios científicos e matemáticos. Não daria para resumir tudo aqui, mas esse tema é abordado em outras de minhas respostas e artigos. Não obstante todas as falhas, essas métricas ainda são superiores à maioria das outras. Os testes de QI, por exemplo, são de longe os melhores instrumentos da Psicologia e são praticamente os únicos que seguem o método científico no processo de normatização. O rating de Xadrez, apesar das falhas, é o melhor sistema de ranqueamento entre todos os esportes, inclusive várias outras modalidades começaram a copiar o sistema usado no Xadrez.

Os problemas com testes de QI geralmente estão relacionados ao nível de dificuldade inadequado para medir corretamente QIs acima de 130, e à degradação progressiva na validade de constructo nos escores mais altos, mas as métricas adotadas e a metodologia são de bom nível.

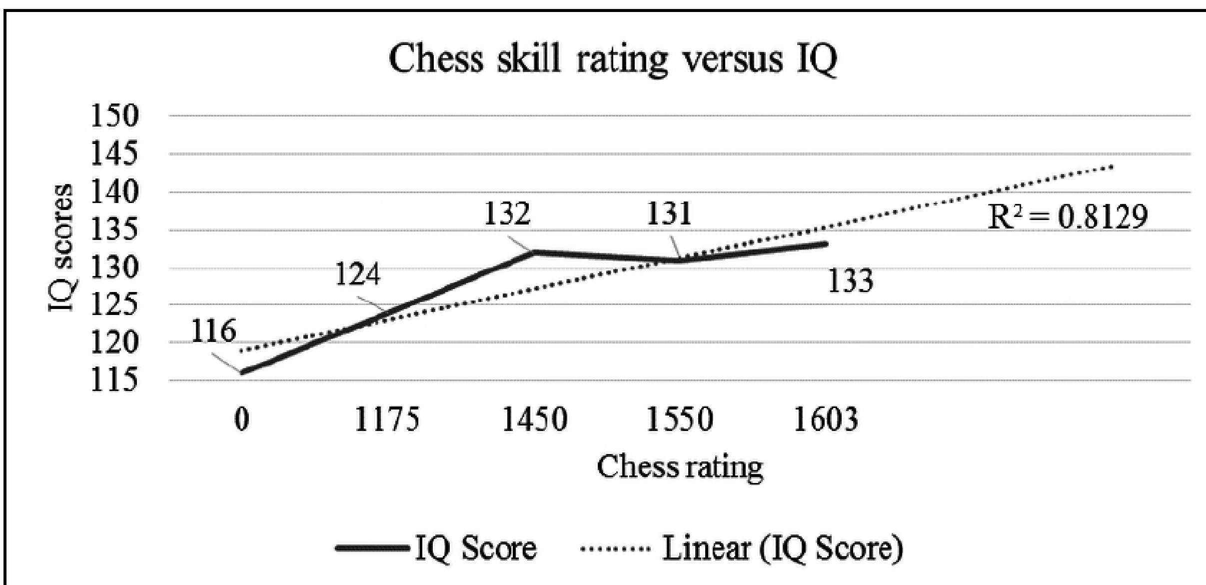
No caso do Xadrez, a métrica é boa (a melhor entre todas as modalidades esportivas), mas poderia ser melhorada. As dificuldades dos problemas no Xadrez são adequadas, pois são os próprios jogadores que criam os problemas para seus oponentes e resolvem os problemas que seus oponentes criam para eles, permitindo confrontos diretos em todos os níveis, mas os testes de QI geralmente são criados por psicólogos com QI entre 110 a 130, limitando severamente o teto de dificuldade das questões que eles são capazes de elaborar.

No caso do h-index, a métrica é muito inferior à usada nos testes de QI e no Xadrez, com várias distorções graves e óbvias, mas por razões políticas os erros são mantidos. Os fatores políticos e comerciais também desempenham um papel importante nos casos do prêmio Nobel e similares. Isso não significa que os ganhadores do Nobel não tenham méritos. Mas os verdadeiros critérios que definem quem serão os ganhadores apresentam fortes vieses, inclusive há mais de 40 laureados cujos trabalhos realizados são pouco expressivos, e mais de 50 pessoas não laureadas que foram

autores de trabalhos reconhecidos como os mais notáveis em determinado ano, inclusive há vários casos em que a pessoa recebeu o Nobel por um trabalho que já havia sido realizado por outra pessoa décadas antes, e isso é mais frequente do que se imagina.

Portanto é possível chegar a níveis muito altos no Xadrez, mesmo com QI não tão alto, assim como é possível ter QI muito alto sem chegar a níveis tão altos no Xadrez. Mas, obviamente, isso não significa que não haja relação entre performance no Xadrez e QI. Há correlação positiva, essa correlação pode ser inclusive medida, e o valor dessa medida é conhecido há muito tempo, inclusive existem muitos trabalhos diferentes nos quais são apresentados resultados de estudos sobre isso.

O gráfico abaixo mostra o resultado de um estudo de 2014 de Samuel Hunt:



A correlação encontrada é maior que 0,9 (a covariância é 0,8129), mas há vários problemas na amostra, no método, na interpretação etc. Em outros estudos, chegou-se a resultados muito diferentes, como *"The Correlation between Intelligence Quotient (IQ) and Chess Rating of the Chess Players" de Mohd Nizam Osman, Nazri Muslim, e Azlan Bin Mohd Ishak, Procedia - Social and Behavioral Sciences; "The Correlation between Chess Skill and Intelligence: A Meta-Analysis" de Zachary Hambrick e Frederick Oswald, Intelligence Magazine; "Correlations between Chess Ratings and Cognitive Ability in Children" de Gennady Erlikhman, Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts; "The*

Correlation between the Intelligence Quotient (IQ) and Chess Skill in the General Population” de Stuart W. Mitchell, Intelligence Magazine.

O problema é que esses estudos também apresentam grande número de erros graves, que praticamente invalidam a maioria dos resultados e comprometem a credibilidade e exatidão de outros. Alguns dos erros mais frequentes são:

- Utilizar intervalos muito estreitos de rating e ou de QI, de modo que a dispersão se mostra grande em relação à reta de regressão.
- Não descontam o efeito de acerto casual nos testes de múltipla escolha (semelhante à correção de Spearman-Brown).
- Os tetos de dificuldade dos testes são muito abaixo do nível necessário para ter correspondência com os ratings equivalentes.
- Há poucas questões nos testes que discriminam nos níveis mais elevados, tornando a incerteza muito grande nesses escores.
- Uso de testes sem boa validade de constructo, isto é, que não medem propriamente a inteligência.
- Não ponderam as incertezas nos ratings, misturam ratings baseados em poucas partidas e com grande incerteza com ratings baseados em muitas partidas e pequena incerteza.
- Misturam ratings desatualizados com ratings recentes, o que constitui grandes distorções especialmente nos casos de crianças e adolescentes em fase de desenvolvimento.

Além de muitos outros erros.

Apesar disso, analisando o conjunto dos resultados e interpretando os efeitos dos erros sobre esses resultados, de modo a tentar corrigir as distorções, pode-se estimar que a correlação medida seja perto de 0,45 e a correlação verdadeira, se usassem testes com teto apropriado, seria provavelmente perto de 0,85.

Mas esses números são sobre a correlação entre rating de Xadrez e QI, não sobre a capacidade de prever lances à frente. Contudo, fornecem pistas úteis para estimar a correlação entre QI e capacidade de prever lances à frente como sendo algo entre 0,5 e 0,7.

A Psicometria e a Ciência Cognitiva estão muito atrasadas na compreensão desses mecanismos, por isso fornecem explicações muito inadequadas e frequentemente nem sequer faz algum sentido. É mais apropriado improvisar minha interpretação pessoal sobre esse assunto, que certamente está muito mais próxima de um entendimento correto para representar a realidade, conforme descreverei a seguir:

Para que se possa compreender melhor o conceito de correlação, deve-se pensar em analogias com outras modalidades esportivas nas quais se utiliza "mais o corpo do que a mente", nas quais os atributos e a utilização desses atributos pode ser percebida visualmente.

O Basquete é um bom exemplo. A altura é um atributo útil para uma grande variedade de atividades esportivas, inclusive basquete, boxe, atletismo, vôlei etc., proporcionando vantagem ao atleta mais alto em todas essas modalidades, embora possa representar uma desvantagem em modalidades como Ginástica Olímpica e em algumas outras.

A altura também está correlacionada com a probabilidade de ser eleito presidente (conforme estudo comparando as alturas dos candidatos nas eleições dos EUA), a altura está correlacionada com a probabilidade de ocupar cargos mais elevados numa empresa, com a probabilidade de ser atraente aos olhos de uma mulher, com a probabilidade de ter maior renda etc. Mas isso não significa que o presidente será a pessoa mais alta do país, e geralmente os mais altos nem sequer chegam a concorrer. Também não significa que as mulheres acharão os homens mais altos do mundo os mais atraentes do mundo, nem tão pouco os mais altos serão os melhores corredores, lutadores ou jogadores de basquete. Mas a altura é um dos atributos que proporciona uma vantagem competitiva, assim como uma lista de outros fatores contribui com outras vantagens competitivas, inclusive a inteligência e as aptidões específicas. No caso da política, por exemplo,

network, habilidades diplomáticas, habilidades com artes cênicas podem ter peso muito maior do que inteligência, competência ou altura. Os atributos requeridos no Basquete não são exatamente os mesmos requeridos na política, no boxe etc., mas alguns são os mesmos. A inteligência, por exemplo, é útil em todas as atividades, mas em algumas ela é mais útil do que em outras. O mesmo vale para altura, carisma, beleza, força, velocidade, com o detalhe que a inteligência é mais versátil do que a maioria dos outros atributos, sendo útil em praticamente qualquer atividade.

Prosseguindo no exemplo sobre altura, geralmente os melhores jogadores de Basquete são altos, mas há jogadores relativamente baixos que estão entre os melhores, enquanto há pessoas muito altas que não jogam bem. Há jogadores como o Gerrinha, com “apenas” 1,86 m, e nos EUA há o Muggsy Bogues, com 1,60 m. Mas é importante compreender que esses casos são exceções, por isso é que a correlação entre altura e habilidade para basquete não é exatamente 1, mas sim um valor entre 0 e 1. Se a altura determinasse exatamente o nível de habilidade para Basquete, então a correlação seria 1. Se não houvesse nenhuma relação entre altura e habilidade para Basquete, a correlação seria 0. Mas a correlação é cerca de 0,7, indicando que a altura tem um peso razoável para o nível de habilidade do Basquete. A altura também é útil para o Boxe, mas a correlação é menor do que para o Basquete, cerca de 0,4, e altura é menos relevante ainda para ser presidente, tendo correlação 0,25. Isso indica que geralmente a altura é mais útil para o Basquete do que para o Boxe, portanto embora seja útil em ambos, não o é na mesma medida. No caso da Ginástica Olímpica é o contrário, a altura dificulta a execução das rotinas mais avançadas e difíceis, por isso a correlação é negativa, cerca de -0,4. A correlação negativa indica que quanto mais uma variável aumenta, mais a outra diminui. Nesse caso, quanto maior a altura, mais difícil alcançar boa performance em Ginástica Olímpica.

A altura influi na probabilidade de alcançar boas performances numa grande variedade de atividades, mas não influi igualmente em todas essas atividades. No Basquete a altura é muito mais importante do que no Boxe e, por sua vez, no Boxe é mais importante do que na política. Por isso é importante compreender o conceito de correlação, para que essa ideia fique mais clara.

No caso do Basquete, é mais fácil enxergar a relação entre a altura e a performance. O papel que a altura desempenha no Basquete é semelhante

ao papel que a inteligência desempenha no Xadrez. Não é exatamente a mesma coisa, inclusive porque a inteligência varia num espectro muito mais largo do que a altura, a força ou a velocidade, porque a altura é uma variável simples, enquanto a inteligência é um atributo multivariado composto por muitas variáveis combinadas. Um excelente jogador de Xadrez pode jogar sozinho contra 600 adversários de uma vez, e vencer a maioria, mas nenhum jogador de Basquete teria a menor chance contra 600 adversários de uma vez. O QI está numa escala logarítmica, mas se for colocado numa escala de proporção de potencial, a cada 7,5 pontos de diferença de QI há uma dobra no potencial intelectual. Isso significa que uma diferença de 38 pontos de QI representa uma proporção de aproximadamente 2^5 no potencial intelectual, ou cerca de 32; uma diferença de 75 pontos de QI representa uma proporção de 2^{10} no potencial intelectual, ou cerca de 1024.

Um dos detalhes fundamentais que precisa ser notado é que embora a altura contribua para o bom desempenho no Basquete, um jogador mais baixo, porém que tenha treinado muito mais tempo pode levar vantagem sobre outro muito mais alto. Além disso, a aptidão para desenvolver o tipo de coordenação motora específica para manobras no Basquete pode ser tão ou mais importante do que o treinamento e do que a altura. Se a pessoa for alta e treinar intensamente, mas não tiver essa aptidão específica, ela pode ser superada por outra que treine um pouco menos e seja um pouco mais baixa, mas talvez não por uma treine muito menos e/ou seja muito mais baixa. São vários fatores combinados que determinam o nível de habilidade em diferentes atividades, e as aptidões e conhecimentos necessários em diferentes atividades podem até ser repetidos, mas não são requeridos nas mesmas proporções. No Basquete, por exemplo, a altura é mais importante do que a inteligência, enquanto no Xadrez a inteligência é mais importante do que a altura. Aliás, a altura é irrelevante no Xadrez, mas há muitos casos nos quais a altura e a inteligência são ambas úteis a duas modalidades diferentes, sendo que numa delas a altura é mais importante e na outra a inteligência é mais importante.

No caso do Basquete, a aptidão inata para as manobras específicas é um dos elementos mais difíceis de “enxergar” nessa explicação, porque é fácil de ser confundido com o treinamento, já que estes dois fatores atuam juntos. No caso do Xadrez, é ainda mais difícil enxergar esse tipo de aptidão, porque não é propriamente a inteligência, embora seja muito

semelhante. É um conjunto de talentos inatos que confere uma vantagem no ritmo de aprendizado e no ritmo de desenvolvimento das faculdades cognitivas usadas especificamente no Xadrez. Não é a mesma coisa que a inteligência geral. A inteligência geral é um conjunto de talentos inatos que servem para todas as áreas, inclusive o Xadrez, a Matemática, o Basquete, o Boxe, a Física, a Literatura etc. Cada uma dessas atividades também depende de suas próprias aptidões específicas combinadas à inteligência geral e ao treinamento. Como não existem testes e métricas adequadas para a grande maioria dessas atividades, essas análises acabam ficando muito abstratas.

A maneira como os diferentes atributos contribuem ou prejudicam o bom desempenho em determinada atividade também é complexa. No Boxe, se o braço é mais longo, o lutador alcança o rosto ou o corpo do oponente com o punho antes que o punho do oponente alcance seu rosto. Porém se ambos tiverem pesos semelhantes, e se o mais baixo for musculoso, ele compensará sua menor estatura com mais massa muscular e provavelmente maior força. No Basquete a altura contribui tanto para alcançar e tirar a bola mais facilmente do oponente quanto para saltar e alcançar a bola antes do oponente, para saltar e chegar mais perto da cesta reduzindo o risco de erro, para correr mais com pernas mais longas etc. Portanto a importância da altura no Basquete acaba sendo maior, por isso a correlação é mais forte. Mas essa comparação subjetiva das diferentes vantagens e desvantagens da altura no Boxe e no Basquete não fornecem uma estimativa quantitativa que permita determinar quanto a altura é mais importante, além de não permitir comparações mais difíceis, como Basquete e Vôleis. Nesses casos, a correlação pode fornecer respostas mais precisas, mais acuradas e mais completas.

Não existem ratings baseados em métricas apropriadas para medir o nível proficiência no Basquete, no Vôlei, no Boxe nem na maioria dos esportes, por isso não há como medir acuradamente as correlações entre altura e a competência nessas modalidades. Pode-se medir aproximadamente, mas os resultados ficam um pouco distorcidos, porque os ratings são mal formulados. No Xadrez isso é diferente, porque o rating é muito bem formulado, sendo a modalidade esportiva com melhor métrica para medida de nível de habilidade. Isso torna muito fácil comparar rating de Xadrez com QI e chegar a resultados bastante precisos e confiáveis, mas com as ressalvas feitas acima, sobre as limitações dos testes de QI

tradicionais. Contudo, além dos testes tradicionais, há testes muito mais difíceis, adequados para níveis de até 200 de QI e um pouco acima, portanto há recursos para se comparar os desempenhos no Xadrez com QI num espectro bastante largo, e o que se verifica é que além de haver uma correlação relativamente forte, essa correlação se intensifica quando se alarga o intervalo de rating e de QI.

Em minha entrevista para o In-Sight Journal, dei uma explicação mais detalhada sobre alguns desses conceitos, com ênfase nos problemas relacionados aos testes de QI, as distorções nas escalas e como podem ser corrigidas etc.

Complemento a essa pergunta: Quando você diz que depende muito mais do conhecimento, você acredita que isso também se aplica a outras áreas intelectuais (matemática, física, química, biologia, literatura, música etc.)? A correlação entre QI e desempenho em matemática é maior do que a correlação entre QI e desempenho no xadrez? (Felipe Rodrigues)

Em áreas como Matemática e talvez Física e Engenharia, no estágio atual, o conhecimento pode ter peso maior do que a inteligência, porque são áreas nas quais “aprende-se” e “treina-se” o uso de heurísticas e recursos que economizam etapas longas. Se você conhece a ponte de Lucena ou as linhas principais da variante Dragão, você leva uma vantagem muito grande sobre alguém que precisa deduzir isso de improviso. É possível deduzir, teoricamente, mas isso é muito difícil no curto intervalo de tempo de uma partida, e mesmo que fosse num jogo postal, com poucos dias de análise, continuaria sendo muito difícil. Em Matemática também há uma vantagem muito grande se você conhece teoremas que sejam partes de outro teorema. Para resolver problemas que utilizam o teorema de Pitágoras, se a pessoa precisa primeiro demonstrar o teorema de Pitágoras, fica muito mais difícil e mais demorado. Mas em áreas como História, Política, alguns ramos da Filosofia, mesmo sem conhecer a obra de determinados autores, pode ser comparativamente mais fácil (ou menos difícil) reconstruir a ideia inteira a partir do zero, e frequentemente até por um caminho melhor do que se recorrer a um mosaico costurando as opiniões de vários autores. Nesses casos, talvez o conhecimento represente uma vantagem menor. Essa mesma situação pode ser encarada sob uma

perspectiva completamente diferente, porque uma quantidade pequena de conhecimento em Matemática pode ser suficiente para lidar com uma variedade muito maior de problemas do que uma quantidade pequena de conhecimento em Ciências Jurídicas ou Literatura. Então depende também de algumas particularidades da situação.

Em muitas fontes dizem que o Qi do anand é 97, mesmo sendo5 vezes campeão mundial, isso comprova que xadrez não tem haver com inteligência, é apenas um jogo de memorização. (Rômulo Maraschin)

Não. Isso “comprova” (“corrobora” seria um termo mais adequado) que muitas fontes repetem grandes bobagens. O QI de Anand deve estar num nível similar ao do Kasparov, talvez seja maior que o do Kasparov, embora o Kasparov tenha maior talento para o Xadrez.

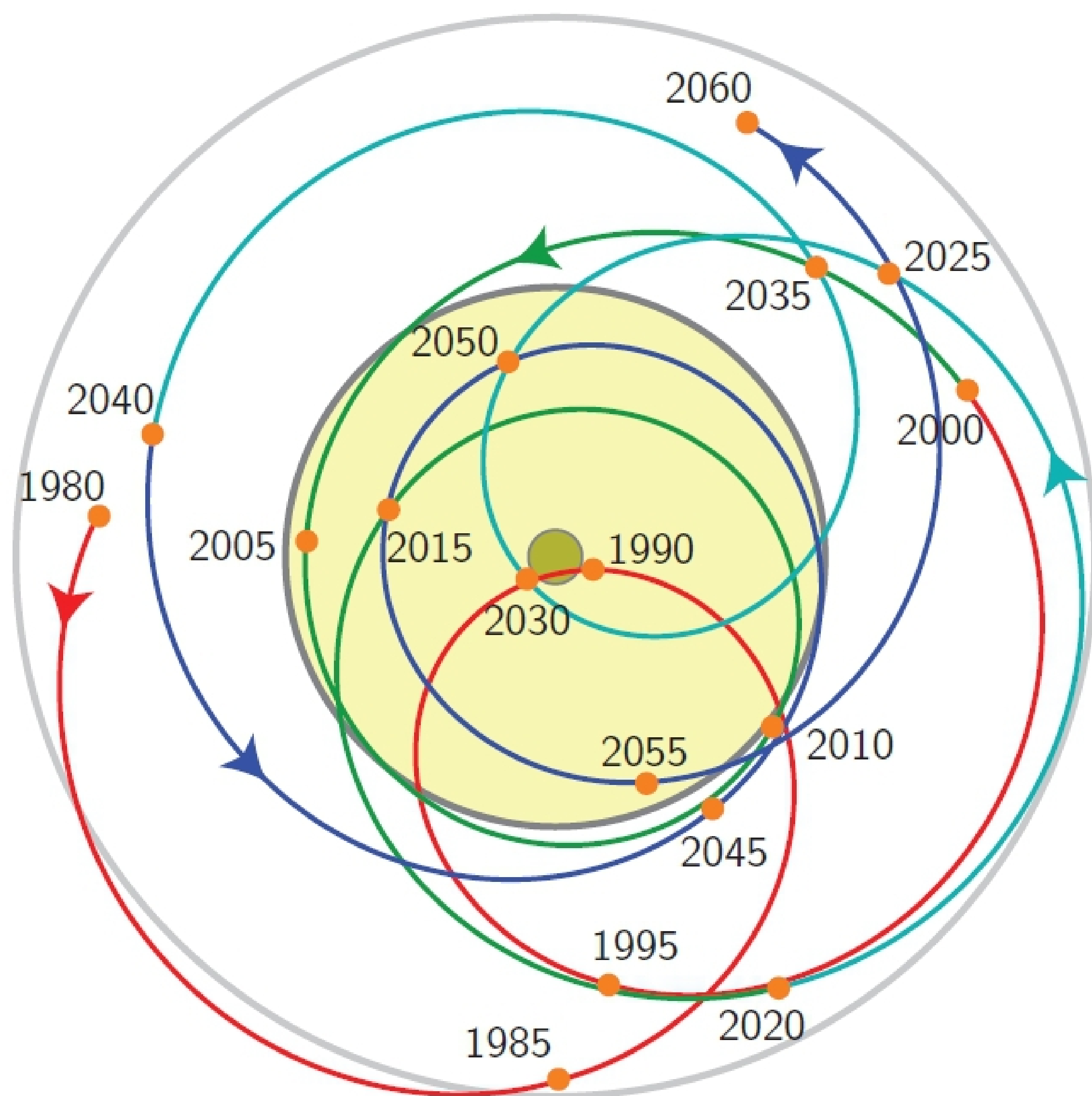
16. O SOL É OU NÃO O CENTRO DO SISTEMA SOLAR?

Depende do referencial. Se impuser que o centro do Sistema é o baricentro do Sol ou o centro geométrico do Sol, então será. Se determinar o ponto em torno do qual os astros giram (baricentro real do sistema), poucas vezes esse centro coincidirá com o centro do Sol, mas frequentemente estará “dentro” do Sol.

No caso da eclíptica, por exemplo, é uma imposição arbitrária, que elege o plano orbital da Terra como “referência”, mas há também o plano de Laplace, baseado na média ponderada dos momentos angulares dos planetas. Do mesmo modo, poderia “impor” que o centro é o Sol.

Mas tentando evitar esse tipo de arbitrariedade e procurando adotar algum critério apropriado, a interpretação mais plausível é de que o Sol, assim como todos os outros objetos, também gira em torno do baricentro de nosso sistema.

A figura abaixo, extraída do livro de Gastão Bierrenbach Lima Neto, mostra a evolução na posição do baricentro do Sistema Solar ao longo do tempo, sendo que o círculo amarelo representa o Sol. Com base nisso, se pode ter uma ideia da frequência com que o baricentro do sistema fica “dentro” do Sol, da distância que costuma se afastar do Sol em diferentes épocas, bem como o ritmo e a amplitude de variação:


2060
2025
2035
2050
2040
2000
1980
2005
2015
1990
2030
2010
2055
2045
1995
2020
1985

17. QUAIS VERDADES SOBRE A BOLSA DE VALORES SÃO DURAS DE OUVIR?

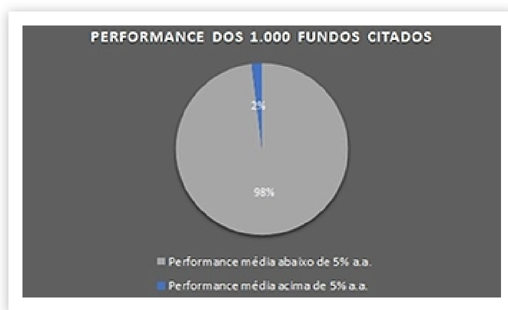
Qualquer verdade sobre qualquer assunto só é dura de ouvir para pessoas que gostam de viver de ilusões. Para pessoas de bem, sempre é um prazer ouvir ou ler verdades. Farei uma pequena lista de algumas verdades “proibidas”:

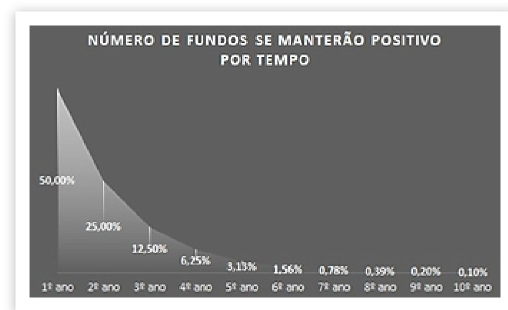
1) A esmagadora maioria das pessoas perde com investimentos, inclusive os profissionais, que ganham vendendo livros e cursos, e perdem aplicando. Inclusive a esmagadora maioria dos fundos administrados por grandes bancos, por isso em períodos de queda da bolsa, são muito raros os fundos com histórico positivo acima de 3 anos e mais raros ainda os positivos acima de 5 anos. Grandes bancos como Itaú e Bradesco, há mais de 70 anos no Mercado, deveriam ter fundos com pelo menos 65 anos de existência. Não os possuem porque os fundos geralmente quebram em 2 a 3 anos, e os mais longevos raramente chegam a 10 anos.
2) Ao serem colocadas diante às alternativas de um investimento sério e bem embasado em estudos científicos, e um outro investimento completamente desonesto, que promete lucros fáceis, mais de 99,9% das pessoas escolhem o investimento desonesto.
3) Os itens 2 e 3 confirmam a famosa frase atribuída a P. T. Barnum: *“Ninguém nunca perdeu dinheiro por subestimar a inteligência do povo norte-americano”* e obviamente a regra se aplica mais ainda ao povo brasileiro.
4) As piores empresas brasileiras de investimentos, com os piores produtos, são geralmente as que obtém maiores lucros, com raras exceções (Vede Asset é uma das exceções). O segredo do sucesso dessas empresas está em apostar na incapacidade de discernimento dos investidores. Enquanto as melhores empresas

lucram poucos milhões, as piores chegam às centenas de milhões ou mesmo bilhões.

5) Um experimento publicado no *Wall Street Journal* comparou os resultados obtidos por um chimpanzé “escolhendo” seu portfolio por meio do lançamento de dados num quadro com os nomes dos ativos, com os de 100 gestores profissionais de *Wall Street*. Ao final de 1 ano, a performance ajustada ao risco do chimpanzé havia sido melhor. Detalhe que o chimpanzé estava com os olhos vendados ao fazer as escolhas.

6) Um estudo realizado pela FGV em 2017 mostrou que entre os 1000 melhores fundos do Brasil, apenas 2% deles entregaram a seus clientes um lucro real acima de 5% ao ano, isso antes de descontar os impostos. Em períodos mais longos, a porcentagem de fundos positivos vai diminuindo até chegar a zero.





7) O lucro médio real que se consegue investindo em ações a longo prazo, por meio de Buy & Hold, é cerca de 1,46% ao ano acima da inflação. Com investimentos em imóveis os números são um pouco piores, em torno de 1,14% ao ano, além da menor liquidez e maiores taxas.

8) Havia no Brasil, até onde sei, 5 pessoas que realmente conseguem gerar lucro de forma consistente com investimento no Mercado de renda variável, cujos históricos podem ser pesquisados e confirmados. De 2015 em diante, creio que apenas 2 pessoas com histórico positivo nos últimos 10 anos.

9) Uma pesquisa realizada em 1985 por Richard Dennis, para verificar se qualquer pessoa era capaz de aprender a investir, ou se era uma habilidade inata e rara, tornou-se famosa por começar com uma triagem de 15.000 pessoas, entre mais de 1.000.000 impactadas por seu anúncio. O experimento foi famoso e ficaram

conhecidos como os “*Turtles*”. Destas 15.000, ele selecionou algumas dezenas, às quais ofereceu treinamento sistemático, e algumas delas conseguiram lucro na grande alta do final dos anos 1980, mas afundaram em seguida. Atualmente só um deles continua positivo, com média anual de 11%. Portanto entre 1.000.000 de pessoas, apenas 1 conseguiu se manter com lucros consistentes a longo prazo, isso porque recebeu treinamento diariamente durante 2 anos de um dos melhores investidores do mundo.

10) Aprender a ganhar no Mercado Financeiro de forma consistente e estável a longo prazo é muitíssimo mais difícil do que ser campeão olímpico em alguma modalidade esportiva, e as pessoas que realmente ganham no Mercado são mais raras do que os medalhistas olímpicos.

11) Sortear aleatoriamente os componentes de um portfólio, ou replicar a composição do índice, gera basicamente os mesmos resultados que usar vários critérios para selecionar seus componentes. Exceção no caso de otimização de Markowitz e similares, que em alguns mercados específicos pode melhorar ligeiramente a rentabilidade ajustada ao risco. Mais de 99,9999% dos leitores do livro de Bem Graham, por exemplo, não conseguem resultados melhores do que Buy & Hold do índice por mais de 10 anos e numa diferença estatisticamente significativa.

12) Testes sistemáticos com Análise Fundamentalista e Análise Técnica mostram que ambas são ineficazes, produzindo resultados indiferentes de compras e vendas aleatórias, porém A.F. envolve menor número de operações, e são operações mais longas, portanto há menos corretagem, menos spreads e outras taxas em cada operação. Como resultado, A.F. produz resultados comparativamente melhores do que A.T. simplesmente porque tem menos custos com as operações, mas não há qualquer vantagem no método.

13) Métodos quantitativos automatizados geralmente também não geram lucro a longo prazo, mas oferecem a vantagem de permitir testar e verificar que são perdedores em *backtests*, antes de perder aplicando com dinheiro real. Entre mais de 2.000 estratégias testadas em 2006 e 2007, extraídas de livros, sites, com mais de 8.000.000 de configurações diferentes, todas geraram resultados negativos a longo prazo.

14) Existem algumas pessoas que ganharam de fato acima de 20% ao ano durante décadas, como Buffett, Soros e Simons, assim como existem pessoas que saltam a distâncias maiores que 8,90 m, como Mike Powell, ou a alturas maiores que 2,40 m, como Javier Sotomayor, ou correm 100 m em menos de 9,60 s, como Usain Bolt. Mas é uma ingenuidade muito grande cada trader achar que ele é essa pessoa e que ele alcançará essa performance lendo meia dúzia de livros ou assistindo a um curso de fim de semana. Pior ainda, muitos acham que 20% ao ano é pouco. O fato é que para a grande maioria das pessoas, não importa quanto treinem e se alimentem bem, nunca chegarão a saltar mais do que 3 m de distância, nem 1 m de altura. A diferença em relação ao Mercado Financeiro é que por se tratar de uma atividade probabilística com quase 50% de probabilidade de acerto por sorte em cada operação, é muito fácil se iludir com alguns ganhos por sorte e acreditar que se tem condições que ganhar de forma consistente a longo prazo. Outra diferença importante é que se a pessoa consegue saltar 3 m de distância, pode haver competições locais na escola, no bairro, no prédio, nas quais ela tem chances de vencer os concorrentes. Mas ao entrar no Mercado de ações ela está competindo diretamente com Simons e outros dos melhores do mundo ou do país. Para que alguns poucos possam ganhar muitos bilhões, é necessário que do outro lado haja bilhões de incautos perdendo o dinheiro que vai alimentar os ganhadores.

18. FALAR QUE ANTES DO COLONIALISMO EUROPEU A EUROPA POSSUÍA AVANÇO TECNOLÓGICO E CIENTÍFICO É EUROCENTRISMO E FALTA DE CONHECIMENTO DE HISTÓRIA?

A pergunta não está bem formulada, mas, pelo que entendi, um professor de História do Ensino Médio repreendeu um aluno pelo fato de esse aluno ter comentado que, nos primórdios da colonização das Américas, os europeus eram cientificamente e tecnologicamente mais desenvolvidos do que os nativos americanos, e o professor acusou esse aluno de *"eurocentrista e falta de conhecimento de história"*.

Sem mais detalhes sobre o caso, é difícil avaliar se o professor é que não conhece história, ou se ele conhece, mas tenta distorcer os fatos para impor suas opiniões e crenças pessoais, tirando proveito de sua autoridade como professor. Independentemente de qual possa ter sido a situação, o fato é que obviamente o desenvolvimento tecnológico alcançado pelos europeus naquela época era muito superior ao dos americanos, e qualquer tentativa desesperada de distorcer esses fatos para sustentar alguma teoria da conspiração não tem como ser sustentada.

Meu bisavô materno era índio, portanto tenho ascendência indígena relativamente próxima. Mas isso não significa que eu deveria agir ou pensar como "idiota" e dizer bobagens insanas em defesa de uma tese "sem pé nem cabeça". O fato de eu ter ascendência indígena ou negra não significa que eu deveria pleitear privilégios para índios ou negros, nem sustentar fraudes em defesa de meus ancestrais. Eu deveria lutar (e faço isso) pelo respeito aos direitos e pelo respeito aos índios, negros, orientais, judeus, islâmicos e de quaisquer outros grupos étnicos, religiosos ou culturais. Lutar pelos direitos e pelo respeito é muito diferente de inventar fábulas completamente

destoantes da verdade e/ou reivindicar privilégios para tentar compensar desvantagens sofridas por ancestrais.

Há alguns meses, a sobrinha de minha namorada veio passar as férias conosco, e minha namorada sempre exige que tragam livros e material escolar para que ela passe tarefas de férias às crianças. Os livros continham uma quantidade imensa de absurdos, que qualquer pessoa minimamente instruída saberia que estão em nítido desacordo com a realidade.

Literalmente, os autores brasileiros de livros didáticos estão inventando uma falsa história, para "estupidificar" ainda mais as crianças. São mentiras tão descabidas que chega a ser ridículo ter que corrigir essas bobagens. São tantas, e tão graves, que não há como relatar todos os erros. Alguns dos mais bizarros eram sobre as invenções atribuídas aos nativos americanos, e nem estou falando dos Incas, Maias e Astecas, que eram razoavelmente avançados. Falo dos índios mais primitivos, aos quais esses professores atribuem uma lista mirabolante de invenções e descobertas.

O historiador da Ciência Roberto de Andrade Martins, um dos melhores historiadores da atualidade, frequentemente critica os erros presentes em livros didáticos e em diversas fontes impressas e online. Algumas vezes, cheguei a pensar que ele poderia estar exagerando nas críticas, mas ao ver o material usado pelas crianças para desaprender história, ficou evidente que a situação é realmente calamitosa.

Nos casos dos Incas, Maias e Astecas, desenvolveram alguns rudimentos de Arquitetura e pode-se dizer que por volta de 1500 d.C. haviam alcançado um nível similar ao dos egípcios, mesopotâmios e chineses de 3.000 a.C., ou seja, cerca de 4.500 anos de atraso em relação à Eurásia e Norte da África, com o detalhe que há indícios de que egípcios, chineses e mesopotâmios haviam desenvolvido rudimentos de Aritmética e Geometria, enquanto os nativos americanos, a julgar pelos registros disponíveis, não há boas evidências disso.

Há várias fontes que exageram nas realizações desses povos. Alguns autores alegam que possuíam conhecimentos avançados sobre Astronomia, Matemática, Geometria e Trigonometria, chegam ao ponto de dizer que inventaram o teodolito, que calculavam senos e cossenos. Entretanto, quando se examina com mais cuidado essas alegações, percebe-se várias inconsistências. Esses povos não conheciam π nem $\sqrt{2}$. Então como poderiam conhecer senos e cossenos? Naturalmente eles tinham uma noção aproximada da proporção entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, mas não tinham um método geométrico para calcular esse valor, portanto é óbvio que não podiam calcular senos e cossenos em geral e não tinham Trigonometria.

O mais provável é que eles usavam “caimentos”, como fazem calheiros que consertam e constroem telhados. Os calheiros têm uma noção empírica de medidas de ângulos, mas isso é muito diferente de conhecer Trigonometria e as relações entre os diferentes componentes de um triângulo.

Em 2016, um rapaz que veio consertar o telhado me disse que um condutor de 10×5 (secção retangular medindo 10 cm × 5 cm) era igual (mesma vazão de água) a um cilíndrico com 10 cm de diâmetro, e queria me convencer a usar um condutor com secção retangular para ter a mesma vazão. Expliquei a ele que não era assim, mas ele insistiu, e para me “provar” a tese dele, cortou um pedaço do tubo retangular, abriu a lateral do tubo e o enrolou em volta do tubo cilíndrico, mostrando que tinham quase exatamente mesmo tamanho.

Obviamente os tamanhos eram similares porque o perímetro do retângulo era 2×(10+5) = 30 cm, enquanto o perímetro do círculo era 10 π ≅ 31,4 cm. Mas o fato de terem perímetros semelhantes não diz nada sobre as áreas.

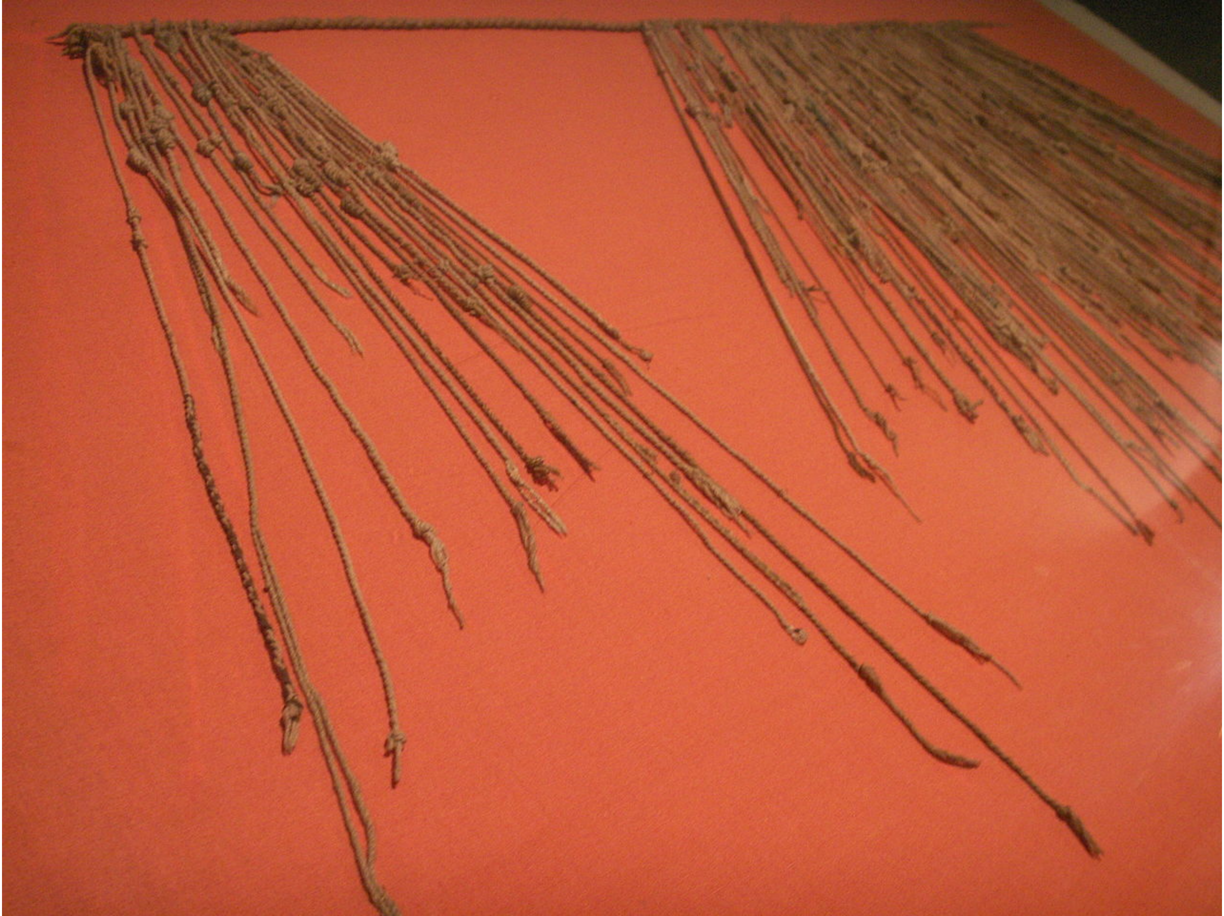
Mostrei a ele que poderia deformar o retângulo gradualmente, formando um paralelogramo com área cada vez menor, sem modificar o perímetro, portanto a área não tinha relação com o perímetro. E no caso específico dos tubos com secção circular, a área estava maximizada para aquele perímetro, mas no tubo retangular não estava maximizada, por isso a área do retângulo era muito menor. Ele compreendeu e concordou. Então expliquei que, além disso, o fluxo de água teria melhor vazão no tubo com secção circular, porque no tubo retangular haveria maior arrasto nas arestas,

e esse arrasto produziria outros efeitos em cascata, inclusive vórtices, devido às diferentes velocidades da água, aumentando a turbulência e tornando o processo de escoamento menos eficaz.

Essa segunda parte ele tinha uma boa compreensão intuitiva – embora a Hidrodinâmica seja matematicamente muito mais complexa do que a Trigonometria – porque é mais fácil intuir alguns processos físicos como o arrasto da água por ter presenciado fenômenos semelhantes, embora seja muito mais difícil calcular numericamente os parâmetros desses efeitos e compreender os fenômenos envolvidos.

Nos casos dos nativos americanos, é muito mais provável que eles tivessem algumas noções empíricas de medidas envolvendo ângulos do que uma compreensão geométrica ou trigonométrica, mesmo porque não há qualquer registro de tratados nos quais eles fizessem figuras geométricas com explicações sobre como calcular algo.

Os Incas utilizavam um sistema de contagem que permitia computar números grandes em potências de 10. Os números eram representados por diferentes tipos de nós em cordas, num instrumento chamado “quipo”, uma versão mais primitiva do ábaco, sem a mesma mobilidade que tem o ábaco. As duas imagens abaixo mostram um quipo e um ábaco:





Embora ambos sejam instrumentos primitivos, pode-se perceber uma gigantesca vantagem em sofisticação no ábaco em comparação ao quipo. E não se trata apenas da complexidade. A funcionalidade do ábaco era muito superior. Para mover uma peça no ábaco, o processo era extremamente simples, rápido e eficiente, bastando empurrar com o dedo, demora uma fração de segundo. Mas para executar a operação equivalente no quipo, era necessário tirar um nó e fazer outro nó numa posição diferente, o tempo necessário era muito maior, além de provocar um desgaste mais rápido, reduzindo a vida útil do instrumento. Essa vantagem de um instrumento europeu de 2700 a.C. em comparação a um equivalente inca de 1500 d.C. deixa evidente o abismo tecnológico e científico que separava essas civilizações.

Uma comparação mais ampla permite ter uma ideia panorâmica sobre as diferenças entre esses povos: na Europa, no século IV a.C., já se sabia que a Terra era aproximadamente esférica e que a Lua brilhava por refletir a luz solar. No século III a.C. sabiam prever as posições de todos os planetas conhecidos com boa precisão. Em 240 a.C., Eratóstenes mediu a circunferência da Terra e calculou seu diâmetro com boa acurácia e precisão. No século II a.C. sabiam até a duração aproximada do movimento de precessão dos equinócios e conseguiram calcular a distância até a Lua.

Em contraste a isso, em cerca de 1400 d.C. as civilizações mais desenvolvidas das Américas não tinham a menor ideia sobre nada disso. Sacrificavam crianças em rituais primitivos, praticavam canibalismo contra os rivais, colecionavam e exibiam publicamente crânios dos inimigos vencidos, em vastos “painéis” com estacas, a fim de intimidar eventuais opositores e para comemorar sua supremacia local, oprimiam e exploravam as tribos menos desenvolvidas. De modo geral, viviam todos numa condição tão precária de atraso tecnológico que até mesmo os mais evoluídos trocavam ouro por espelhos ou por qualquer artefato básico.

Os índios brasileiros eram muito mais atrasados do que Incas, Maias e Astecas, mesmo assim, nos livros didáticos que estavam usando para desinformar as crianças, afirmavam que índios nativos do Brasil haviam inventado uma extensa lista de itens tecnológicos. Queriam, a todo custo, empurrar nas crianças a crença de que europeus aprenderam sobre Ciência e Tecnologia com os nativos americanos, chegando quase ao ponto de afirmar que índios inventaram o avião e o computador. Grande parte parecia piada, mas em vez de provocar risos, deveria provocar lágrimas e causar grande

preocupação, porque as crianças estão sendo escandalosamente enganadas, levadas a acreditar numa grosseira distorção sobre como foi a história de que se tem registro, tentando transformar os índios nativos em vítimas e os europeus em vilões, quando na verdade ambos foram vilões de diferentes maneiras e em diferentes proporções.

É assustador o jeito como distorcem os fatos para tentar forçar uma falsa realidade que nunca existiu. Provavelmente grande parte dessas crianças não tem hábitos culturais nem apoio de adultos para pesquisar sobre os fatos históricos devidamente documentados. Essas crianças acabarão formando uma geração “perdida”, não apenas por estarem recebendo uma avalanche de informações falsas, mas principalmente por não cultivarem o hábito de conferir, de investigar e analisar criticamente.

O pior não é as crianças serem expostas a essas informações deturpadas, mas sim a falta de hábito de conferir se aquilo que estão recebendo é uma boa representação da verdade, porque isso as torna alvos fáceis para toda espécie de charlatães, inclusive maus políticos, falsos religiosos e trapaceiros online. Quando elas caem em golpes de farsantes que lhes vendem “gato por lebre”, as únicas prejudicadas são elas próprias, mas quando se deixam enganar por discursos de políticos, e elegem esses políticos a cargos públicos, o mal que elas causam afeta todo o país e todo o planeta, inclusive outras pessoas, animais e a Natureza.

Mesmo com a gigantesca abundância de conhecimento acessível gratuitamente e facilmente, essas crianças preferem assistir a vídeos “idiotas”, ou pornografia, ou videogames. Nada contra a pornografia e videogames, mas existe um vastíssimo universo de conhecimento acessível na rede, e não faz sentido a pessoa se atolar na pornografia e em videogames, sem usufruir a riquíssima variedade de conteúdos disponíveis.

Nos anos 1970–1980, havia alguns grupos que defendiam o acesso à Cultura e à Educação, e eu fazia parte desses grupos. Defendia a democratização do conhecimento, para que todos tivessem a oportunidade de aprender e evoluir, para se tornarem pessoas melhores, mais produtivas, mais corretas, mais justas. Eu tinha essa ilusão, de que se as pessoas tivessem acesso ao conhecimento, perceberiam o valor disso, aproveitariam a oportunidade e se tornariam de fato pessoas melhores.

Hoje todas as pessoas têm acesso ao Conhecimento, de graça, mas em vez de desfrutar essa valiosíssima oportunidade, relincham como asnos e correm atrás de futilidades. Existem alguns bons conteúdos, mas estão

longe de serem os preferidos pelas “massas”. Esse problema é particularmente grave nos casos de mídias que se dizem de “divulgação científica”, porque crianças e jovens interessados em aprender sobre Ciência são descaradamente enganados, recebendo montanhas de informações distorcidas. O mais grave nem são os erros, mas a completa descaracterização daquilo que é apresentado como se fosse ciência, quando na verdade se resume em regurgitar informações rasas e exibir fotos coloridas.

As pessoas podem encontrar livros raros digitalizados, de graça. Obras que elas precisariam viajar 10.000 km a 20.000 km para ler, precisariam fazer uma requisição por escrito ao curador, para talvez ter acesso; aguardar a resposta do curador e, se fosse aprovado o pedido, depois de comemorar, teriam que calçar luvas para poder tocar nesses livros com supervisão de um segurança, para garantir que não manusearia indelicadamente as páginas. Não havia permissão para xerocar, precisava copiar à mão, letra por letra, se quisesse. Se a pessoa quisesse outro livro raro, geralmente não o encontraria no mesmo acervo e precisaria viajar outros milhares de quilômetros para ver o segundo livro, fazer nova requisição por escrito, aguardar a aprovação etc. Hoje a pessoa encontra esses livros on-line de graça, em questão de minutos, sem precisar sair de casa, pode baixar uma cópia completa de graça, pode até usar a assistente do Google ou da Apple para ler o livro para ela. Mas a pessoa prefere assistir a dancinhas na Internet.

Não há problema em ver também essas dancinhas. O problema é quando a pessoa desperdiça seu tempo exclusivamente com essas coisas. Como disse Bertrand Russell *“o tempo que você gosta de perder não é tempo perdido”*. Essa frase de efeito – como a maioria das frases de efeito – tem um fundo de verdade, mas não é totalmente correta. Tentando “consertar” os erros na declaração de Russell, eu colocaria dessa forma: *“O tempo que você gosta de perder só não é perdido quando representa uma fração pequena de seu tempo total e tem como finalidade relaxar para se revigorar para o regresso ao trabalho de forma mais produtiva.”* Essa correção ainda não é completa nem totalmente correta, mas para o caso em pauta, é suficiente, pois deixa claro que não há problemas em destinar parte do tempo de acesso à Internet a inutilidades, mas se a pessoa perde todo o seu tempo assim, é desastroso, e lamentavelmente é isso que acontece com a maioria.

Enfim, eu estava completamente errado em acreditar que se as pessoas tivessem acesso ao conhecimento, elas fariam bom uso de tal oportunidade. Pessoas são, em sua imensa maioria, macacos falantes e com menos pelos, como bem classificou Desmond Morris em seu livro "O macaco nu". Quando Feynman esteve no Brasil, fez duras críticas à Educação em nosso país, tocando nos cernes dos problemas: as pessoas não pensam, e o papel que as instituições ditas "educacionais" estão desempenhando não é educar nem estimular o pensamento, mas sim adestrar para repetir truques.

Nos últimos anos, essa hecatombe intelectual está se exacerbando, porque antes pelo menos as pessoas decoravam fatos razoavelmente bem documentados, com algumas distorções mais ou menos "toleráveis". Mas nos conteúdos que vi nos livros didáticos recentes, passaram a colocar as pessoas para decorar mentiras deslavadas. Já era ruim decorar verdades, porque o ideal seria que compreendessem, mas conseguiram a "proeza" de piorar o que já era péssimo. Agora, além de continuar decorando, trocaram os fatos históricos por lorotas inconsequentes.

O efeito *Flynn*(*) já se tornou negativo nas últimas 2 décadas, a altura média das pessoas não tem aumentado desde os anos 1980 e há alguns indícios de que pode ter começado a diminuir. Nas redes sociais as pessoas estão desaprendendo a escrever e a falar. Se seguir por esse caminho, é possível que nosso futuro seja voltar a viver em cavernas, caminhar sobre 4 patas e comer capim.

[(*) O efeito Flynn é um fenômeno em que se tem observado um aumento nos escores de QI desde 1905, em diversas populações; foi descoberto por James Flynn, em 1984]

19. POR QUE AINDA SE FALA QUE TEORIA É ALGO NÃO PROVADO SE O DICIONÁRIO DIZ QUE É CONHECIMENTO SISTEMATIZADO?

Dicionários geralmente apresentam descrições simplificadas, resumidas e superficiais, que não podem ser tomadas como base quando se deseja examinar os significados com profundidade e rigor.

Embora a expressão “prova científica” seja usada no Brasil em alguns artigos acadêmicos e revistas especializadas, não me parece um termo apropriado, porque torna “prova” e “corroboração” indistintos, quando na verdade são muito diferentes. Em inglês, que tem sido o idioma predominante dos textos científicos, não se usa praticamente nunca a expressão “prova científica”. Usa-se “evidência científica” ou “corroboração”.

Numa acepção mais rigorosa e mais útil, o termo “prova” deve ser usado com o significado de “demonstração”, reservando o termo “corroboração” para um acumulo de evidências favoráveis que fortalecem um argumento baseado em indução finita. Assim, uma prova é essencialmente dedutiva e demonstra um fato inquestionável dentro do sistema axiomático considerado, enquanto uma corroboração é indutiva e abdutiva, portanto indica apenas uma alta probabilidade e alta similaridade, sem certeza e sem exatidão. Por esses motivos, a rigor, não há como provar teorias, num sentido estrito.

Mas não é por isso que algumas pessoas dizem que “teoria é algo não provado”. As pessoas que dizem isso é porque não sabem o significado de “teoria” nem de “prova”.

20. A MATEMÁTICA FOI DESCOBERTA OU CRIADA A PARTIR DE CONCEITOS PRESENTES?

Toda a matemática que conhecemos foi construída a partir de axiomas que inventamos, e a partir desses axiomas se deriva todo o resto da Matemática. A questão é se seria possível construir uma matemática diferente, partindo de outros axiomas, e que não fosse “homóloga” à nossa matemática. A resposta é sim, poderia, mas se a diferença fosse “grande”, seria provavelmente inútil(*). Pode-se propor um conjunto arbitrário de axiomas destoantes da realidade senciente, mas cujo corolário seja consistente, e a partir daí se pode derivar todo um conjunto de verdades dentro desse sistema axiomático, mas que não dizem nada sobre o mundo em que vivemos. A Matemática que conhecemos foi originalmente construída para explicar e modelar o mundo. Atualmente os matemáticos puros não ligam para isso e criam objetos e processos que talvez nunca tenham aplicação prática, mas as origens da Matemática estão na experiência com o mundo físico e na tentativa de representá-lo.

[(*) Em dois de meus artigos discuto possíveis exceções, num dos quais mostro que as noções primitivas no Axioma da Escolha – consideradas “indefiníveis” –, na verdade podem ser definidas; no outro artigo, mostro que pequenas mudanças nos axiomas a partir dos quais se edifica a Matemática podem produzir algumas mudanças “locais”, preservando a estrutura geral intacta, como no caso de 0^0, que conduz a duas interpretações diferentes adotando diferentes axiomas, sem provocar mudanças sensíveis no restante da Matemática]

21. QUAL É O PLANETA MAIS QUENTE DO SISTEMA SOLAR?

Como essa resposta ficou extensa, vou dividi-la em 3 partes:

- Introdução
- Júpiter
- Mercúrio

INTRODUÇÃO

Essa pergunta oferece a oportunidade de analisar um dos bons exemplos de como as pessoas repetem informações incorretas de forma sistemática e sem pensar. Basta que algum livro ou revista diga que o planeta mais quente é Vênus, e multidões passam a repetir mecanicamente essa informação, copiando-a e colando-a em outros livros, revistas, sites e canais, até que se torne um mantra.

A resposta está errada, não é Vênus, mas o principal problema não é o fato de estar errada, porque errar é normal na Ciência assim como na vida. Um dos problemas graves é não pensar. Se a pessoa se limita a copiar e colar, sem pensar, está desperdiçando um dos bens mais preciosos da espécie humana: o dom de raciocinar. Agir sem pensar é uma falta grave, mas nesse caso não é a única. Há outro problema ainda pior, que é a desonestidade. Esse é sem dúvida um dos problemas mais graves não só na Ciência e na divulgação científica, mas na Humanidade. Cheguei a pensar em discutir sobre isso aqui, mas desviaria muito do tema, por isso deixarei para outra oportunidade, quando houver uma relação mais estreita com a pergunta.

Em relação ao planeta mais quente do Sistema Solar, há vários fatores que precisam ser considerados. Para começar, a simples informação sobre qual o planeta mais quente seria de pouca importância, mas os

motivos pelos quais ele é o mais quente e como se determina sua temperatura é que tornam essa questão muito interessante, além de ser importante para a preservação da vida em nosso planeta.

JÚPITER, O MAIS QUENTE

Da maneira exata como a pergunta foi formulada, a resposta é "Júpiter". Em Júpiter ocorre a temperatura máxima (36.000 K*) e também é o planeta com maior temperatura média (15.000 K). Essas respostas, em si, não têm importância nem valor. A parte mais interessante está em compreender como se "conhece" essas temperaturas. Ambas são difíceis de determinar com precisão, mas a média é claramente mais difícil, porque precisaria conhecer a variação da temperatura em função da profundidade e a variação da densidade em função da profundidade. No caso da Terra é comparativamente mais fácil, porque a densidade varia quase linearmente com a profundidade. Mas o momento de inércia de Júpiter é diferente do da Terra, assim como sua composição.

[(*) Isso sem contar a magnetosfera de Júpiter, que chega a 100.000.000 K, mais quente do que o núcleo do Sol]

Para esse cálculo, testei dois modelos plausíveis, chegando a cerca de 1 para 2,8 a 1 para 2,1 da temperatura central. Se as estimativas para a temperatura central de 36.000 K estiverem razoavelmente próximas do valor correto, então a temperatura média de Júpiter ponderada pela massa de cada camada fica entre 13.000 K e 17.000 K.

Embora não seja possível calcular exatamente a temperatura central nem a temperatura média, sabemos que quanto maior a massa, maior é a temperatura central – não na mesma proporção, porque há outros fatores que influem, mas a massa é o fator principal na determinação da temperatura central. A densidade também é relevante, e quanto maior a densidade, maior é a temperatura central. Como Júpiter é 3,5 vezes mais massivo do que Saturno e quase 2 vezes mais denso, então quase certamente a temperatura central em Júpiter é maior do que em Saturno e maior do que em qualquer outro planeta do Sistema Solar.

Mesmo sem conhecermos exatamente as temperaturas de cada planeta, por não haver uma equação precisa e acurada que descreva as variações da temperatura e da densidade em função da profundidade, como sabemos que a temperatura aumenta com a massa e a temperatura também aumenta com a densidade, e a mesma equação seria usada para todos, se Júpiter supera Saturno nesses dois quesitos, então quase certamente também supera na temperatura central. Claro que não podemos descartar

completamente a possibilidade de que anomalias desconhecidas podem fazer com que a temperatura em Saturno seja maior, mas isso seria uma aberração muitíssimo improvável.

Quanto a Urano e Netuno, são muito menores. Portanto quase certamente, com muito mais de 99,99% de certeza, pode-se supor que Júpiter é o planeta com maior temperatura central e maior temperatura média no Sistema Solar.

Antes de prosseguir, precisamos chamar a atenção para uma importante exceção: nos casos de estrelas anãs-brancas, o equilíbrio hidrostático é estabelecido e mantido, em grande parte, pelo princípio da exclusão de Pauli, não dependendo tanto da temperatura para isso. Além do mais, essas estrelas praticamente não possuem mais hidrogênio nem hélio, são geralmente constituídas quase inteiramente por carbono e oxigênio, num estado degenerado conhecido como “gás de Fermi”. Sem hidrogênio e hélio, não produzem fusão nuclear, que seria o processo responsável por parte do calor. Por esses motivos, os modelos atualmente aceitos consideram que a temperatura central nessas estrelas é muito menor do que seria numa estrela da sequência principal com mesma massa. No caso de Sirius B, por exemplo, embora tenha praticamente mesma massa do Sol, sua temperatura central é estimada em apenas 250.000 K. Mas esse valor é bastante controverso. Até os anos 1940, estimava-se em cerca de 25.000.000 K, e descobertas futuras também podem levar a novas revisões nesse cálculo.

Embora não haja razão para pensar que Saturno, ou qualquer outro planeta no Sistema Solar, possa ter temperatura central maior do que a de Júpiter, não podemos descartar a possibilidade de que futuramente sejam feitas descobertas que revisem os modelos aceitos atualmente, ou mesmo a descoberta de algum planeta ainda desconhecido em nosso sistema. Também é importante enfatizar que uma anã-branca é um objeto muito peculiar e ainda pouco conhecido, enquanto um planeta é um objeto relativamente típico e bem conhecido, por isso errar na interpretação das propriedades de um objeto como uma anã-branca é algo que tem uma probabilidade razoável de acontecer, mas seria muito surpreendente errar na interpretação das propriedades de um objeto como um planeta.

Embora o enunciado seja muito inespecífico e a interpretação literal de “temperatura no planeta” seja conforme foi comentado acima, é possível (e até mesmo provável) que o autor da pergunta quisesse se referir à

temperatura na superfície. Ainda assim há várias complicações, inclusive porque planetas jovianos não possuem uma "superfície" bem definida (que seria o "topo das nuvens"), já que a atmosfera diminui de densidade num gradiente suave. Geralmente se considera que o "topo das nuvens" é a região na qual a pressão atmosférica é igual à 1 atm. Mas outra interpretação poderia ser a superfície sólida. Nesse caso, não sabemos sequer se Júpiter possui um núcleo sólido. Nem Júpiter nem os outros planetas jovianos. Mas caso possuam, novamente Júpiter seria o mais quente, com cerca de 30.000 K em sua superfície sólida.

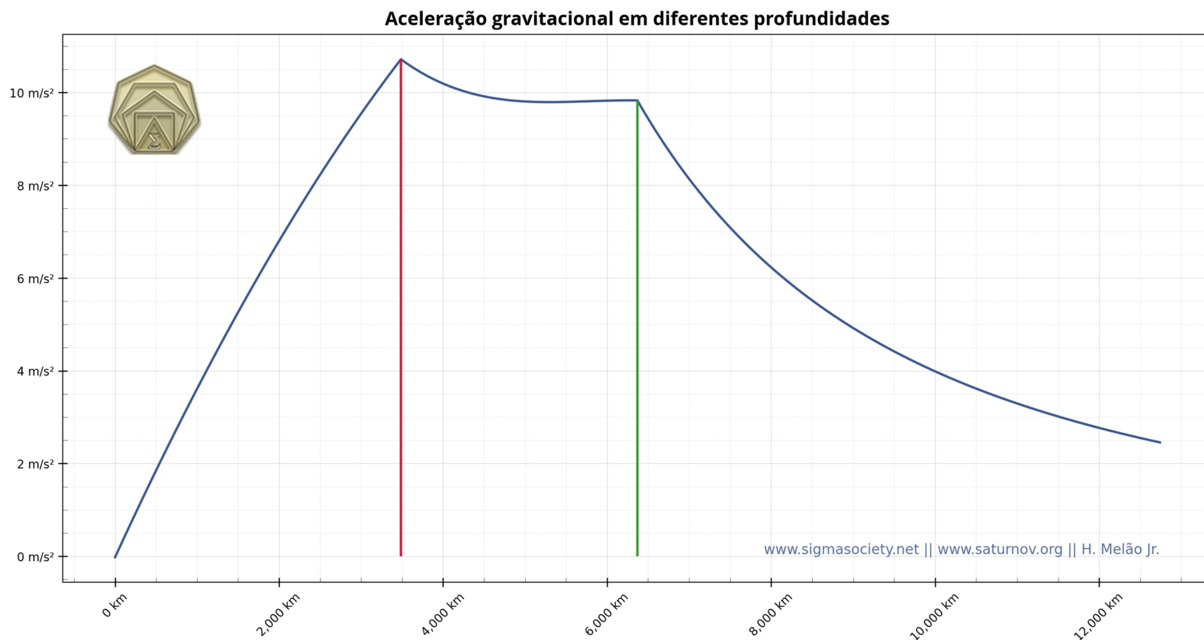
Se adotar um critério do tipo "jovianos no topo das nuvens e telúricos na superfície sólida", então os 4 jovianos saem da disputa, e precisamos analisar os casos de Vênus e Mercúrio, e nesse caso é preciso especificar se se está falando da "tempera média na superfície" ou "temperatura máxima na superfície". Logo analisaremos esses casos. Antes vamos concluir as considerações sobre o caso de Júpiter.

Um dos pontos interessantes a serem analisados é: como se mede a temperatura central de um planeta? Obviamente não se penetra até o centro para colocar um termômetro. A resposta completa para isso está muito longe de ser trivial. A ideia básica é simples, mas os detalhes não são. A ideia básica é determinar qual deve ser a temperatura para que a pressão de expansão produzida pela energia cinética das partículas seja compensada pela força de contração produzida pela gravidade e o objeto entre em equilíbrio hidrostático.

Para compreender corretamente esse processo, precisamos saber porque os planetas são aproximadamente esféricos e porque são do tamanho que são. Em quase todos os sites, canais e livros essa informação também está errada. Um erro absurdo e óbvio, diga-se de passagem. Dizem que os planetas são esféricos devido à gravidade. Isso não faz o menor sentido. Se a única força atuante fosse a gravidade, o planeta colapsaria num ponto, formando um buraco negro. O motivo correto, conforme comentei acima, é devido ao equilíbrio hidrostático. A gravidade faz com que cada parte do planeta seja atraída por cada uma das outras partes, cada átomo, cada partícula elementar, todas se atraem mutuamente.

O efeito combinado disso é que todas as partículas sejam puxadas para o centro de massa. Nesse processo, as camadas superiores esmagam as camadas inferiores. Quanto mais profunda está uma camada, maior é o número de camadas por cima dela e maior é a pressão sobre ela. Há

algumas complicações adicionais, porque a aceleração gravitacional varia com a profundidade, conforme o gráfico abaixo:



A partir da superfície até cerca de 3486 km de distância do centro, a aceleração gravitacional aumenta de 9,8 m/s^2 até cerca de 10,7 m/s^2. A partir de então, começa a diminuir até o centro. A linha vermelha (na verdade crimson, à esquerda) indica o ponto no qual a aceleração gravitacional atinge seu máximo. A linha verde indica o raio da esfera cujo volume seria igual ao da Terra (6371,00072 km).

Essa redução na aceleração gravitacional em função da profundidade não é suficiente para contrabalançar o crescimento da massa que fica por cima, portanto a pressão cresce até o centro. Embora a estrutura seja sólida, a pressão é tão grande que comprime a matéria, reduzindo seu volume e produzindo comportamento “similar” ao de um gás ao ser comprimido, isto é, provoca um aumento na temperatura (aquecimento adiabático). Esse efeito ocorre inclusive em planetas rochosos, porém o tratamento quantitativo não é o mesmo dado aos gases, com a diferença que a compressibilidade dos gases é muito maior.

Quando se trata de uma estrela ou um planeta gasoso, o comportamento é comparativamente mais semelhante ao de um gás ideal, mas não exatamente igual devido à ionização, heterogeneidade, anisotropia etc.

Esse aquecimento – tanto nos rochosos quanto nos gasosos ou nas estrelas – aumenta a energia cinética das partículas ou das moléculas, que, por sua vez, provocam uma pressão de expansão. Desse modo, quanto mais a matéria é comprimida pela gravidade, maior se torna e temperatura e mais difícil de continuar a comprimir, até que chega a um tamanho no qual a pressão produzida pelo aquecimento compensa precisamente a força de contração exercida pela gravidade. Esse ponto é o equilíbrio hidrostático e determina o tamanho do objeto, seja um planeta ou uma estrela.

Por isso, se conhecermos o tamanho e a aceleração gravitacional, podemos calcular qual é a temperatura necessária para que o astro esteja em equilíbrio hidrostático naquele tamanho específico. Naturalmente isso não se aplica a objetos pequenos, como os satélites de Marte, cometas e pequenos asteroides, porque a forma deles foi determinada por colisões e fraturas, não pelo equilíbrio hidrostático. Só objetos suficientemente grandes e massivos, quase esféricos, cuja forma é fortemente influenciada pela gravidade, é que estão sujeitos a essas condições.

Essa é uma simplificação didática, porque na verdade os planetas, as estrelas e outros objetos estão animados de um movimento de rotação, que produz pseudoforça centrífuga em suas superfícies e, consequentemente, isso provoca um abaulamento no equador, com consequente achatamento nos polos. Além disso, os astros não são homogêneos, homobáricos, isotrópicos, as camadas mais internas são mais densas devido à maior pressão. No caso da Terra, por exemplo, estima-se que a densidade central seja cerca de 13,7 g/cm^3, enquanto uma liga de níquel e ferro com 20% e 80%, respectivamente, semelhante à do núcleo da Terra, em condições normais de temperatura e pressão, tem cerca de 8,2 g/cm^3. Se o número da Terra tem 13,7 g/cm^3, indica que a pressão nessa região é tão grande que comprime até metais.

A gravidade faz com que os elementos mais pesados sejam atraídos para as regiões mais centrais. Desse modo, a composição das camadas externas de Júpiter é muito diferente da das internas. Especula-se, por exemplo, que talvez Júpiter possua um núcleo sólido com 20.000 km de diâmetro. Esse tamanho, entretanto, também é muito incerto. Em alguns modelos, simplesmente não há núcleo sólido em Júpiter. O tamanho desse suposto núcleo depende de como o cálculo é realizado, podendo variar entre 0 e 35.000 km.

A temperatura central de um planeta ou estrela pode ser calculada por diferentes métodos, entre os quais alguns dos mais utilizados são:

- Equação politrópica
- Modelo de Hayashi
- Modelo de Saumon—Chabrier—van Horn

Mas os resultados obtidos por esses diferentes métodos apresentam grandes variações, geralmente entre 20.000 K e 87.000 K. Portanto a incerteza na temperatura de 36.000 K é grande. Um dos problemas é que esses métodos precisam assumir várias hipóteses e estimar valores aproximados para alguns parâmetros, valores difíceis de se obter. A massa típica das partículas ou moléculas, por exemplo, não há como saber sem conhecer a composição interna de Júpiter, e não é simples determinar isso. Sabemos a composição no topo das nuvens porque pode ser determinada por espectroscopia, mas nas camadas mais internas, é muito difícil saber. Nem sequer sabemos ao certo as composições predominantes nas faixas e nas zonas. Com base nas cores e em outros critérios, é provável que as faixas sejam ricas em fósforo, enquanto as zonas sejam predominantemente constituídas por amônia. Abaixo, uma foto que tirei de Júpiter em 2020. As regiões marrons são as faixas; as regiões brancas são as zonas:



Há ajustes complementares que possibilitam melhorar a precisão e presumivelmente a acurácia. A equação de Lane—Emden, por exemplo. Mas esses ajustes ainda são modelos bastante simplificados, que assumem hipóteses muito destoantes da realidade, entre as quais a de simetria esférica, quando na verdade Júpiter é um objeto visivelmente achatado: seu diâmetro equatorial é 142.984 km enquanto seu diâmetro polar é 133.709 km. Tratá-lo como uma esfera implica erros substanciais, e há uma série de outros fatores de erro nesse cálculo que tornam muito difícil determinar com precisão e acurácia sua temperatura central. Apesar disso, pode-se utilizar um pouco de Estatística para combinar os resultados obtidos por diferentes métodos e suas respectivas incertezas, para chegara a um valor provavelmente mais próximo do correto, que é a temperatura de 36.000 K.

A temperatura no centro de uma estrela é comparativamente mais fácil (ou menos difícil) de se calcular, porque supõe-se que a composição seja mais homogênea, de modo que as proporções de componentes observados nas camadas mais externas são provavelmente semelhantes às das camadas mais internas. Além disso, o Sol emite radiação num espectro

muito mais largo do que Júpiter, inclusive raios-X, raios gama e neutrinos. Os neutrinos atravessam o Sol desde o núcleo, transportando informações sobre essa região, assim, o estudo dos neutrinos emitidos pelo Sol possibilita inferir algumas propriedades do interior do Sol. Outras radiações de alta energia, inclusive raios gama e raios-X também atravessam várias camadas e transportam informações sobre essas camadas, de maneira semelhante à que é usada para observarmos o interior do corpo humano por meio de tomografias, radiografias, ultrassonografias etc.

Quando fazemos uma radiografia e conseguimos enxergar estruturas internas do corpo, isso acontece porque os diferentes componentes e diferentes estruturas de nosso corpo apresentam diferentes níveis de opacidade aos diferentes comprimentos de onda da radiação utilizada. Ossos, dentes, próteses metálicas são mais opacos do que sangue, tecidos moles, fluidos em geral. Porém Júpiter não é quente o suficiente para emitir tais radiações. Ele emite apenas um pouco de infravermelho, mas suas diferentes camadas, inclusive as mais externas, são opacas ao infravermelho, bloqueando-as e impedindo que cheguem até nós para que possam ser estudadas. Por isso, para nosso estágio tecnológico atual, é mais fácil conhecer o interior das estrelas do que dos planetas.

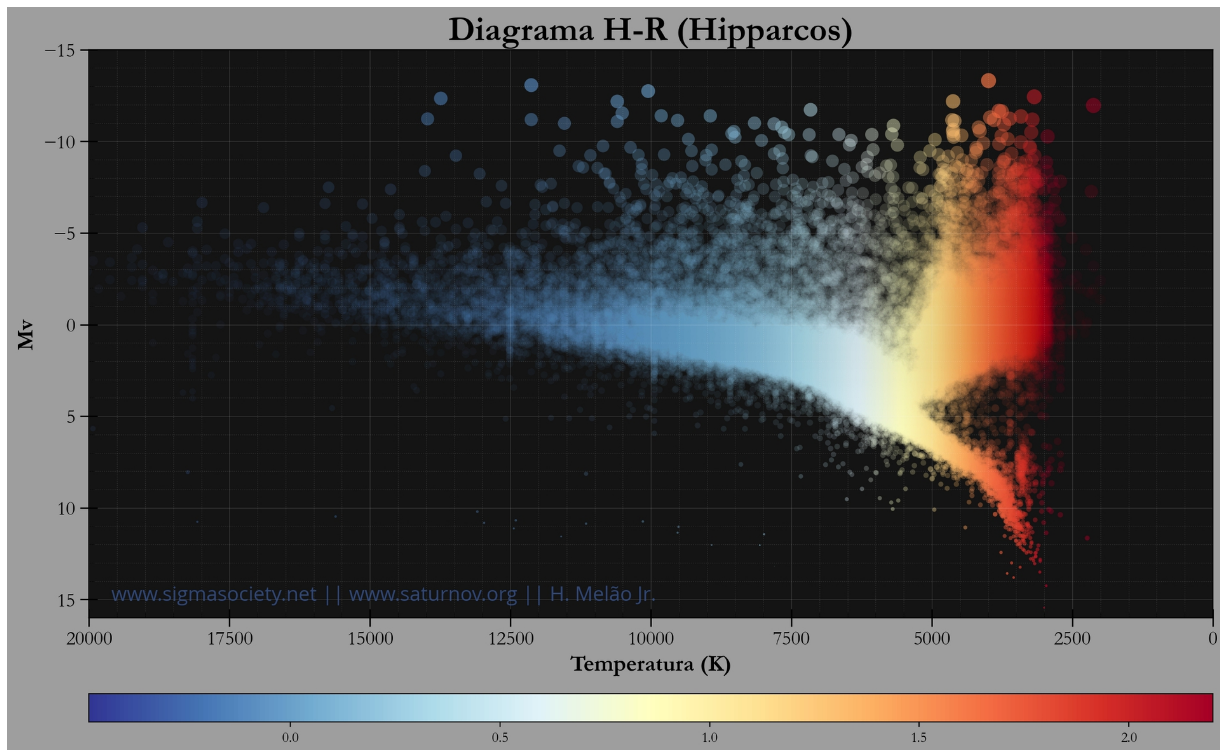
Outra informação que se utiliza para investigar o interior dos planetas é o momento de inércia, por meio do qual se pode estimar como varia a densidade em função da profundidade e, a partir dessa informação, pode-se derivar muitas outras que permitem inferir como é a estrutura, a composição, a temperatura, a dinâmica interna etc.

Embora as estrelas sejam constituídas por plasma ionizado, com diferentes níveis de metalicidade, pode-se adotar, como boa aproximação, o mesmo modelo utilizado para um gás ideal, o que torna o cálculo muito simples, e com isso encontra-se resultados razoavelmente acurados. No caso do Sol, por exemplo, com esse método encontra-se o valor de 10.000.000 K para sua temperatura central, bem perto da temperatura calculada com base em modelos mais sofisticados (e supostamente mais acurados), que levam em conta sua constituição real, em vez de tratá-lo como um gás ideal, que resultam em cerca de 15.710.000 K.

Para planetas a situação é diferente, especialmente os rochosos, porque assumir a hipótese de que são constituídos por um gás ideal não é uma aproximação razoável, porque o comportamento das rochas submetidas a diferentes temperaturas e pressões não se assemelha ao comportamento

dos gases. Mesmo assim pode-se chegar em resultados com ordem de grandeza correta.

No caso da temperatura na superfície de uma estrela, a determinação é mais simples, basta verificar sua classe espectral, que é determinada a partir de sua cor, e com isso já se tem uma estimativa bastante razoável para sua temperatura, a partir da teoria de Planck sobre radiação de corpo negro. O diagrama de Payne—Hertzsprung—Russell mostra qual é a temperatura na superfície de uma estrela em função de sua cor:

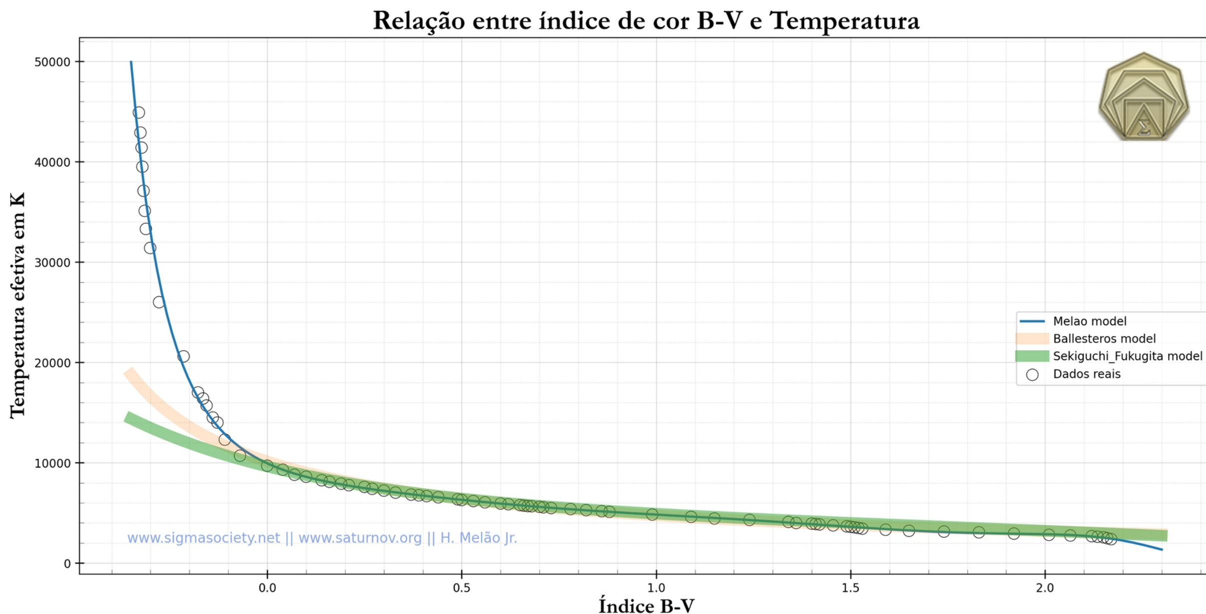


Gerei esse gráfico a partir dos dados de 110.587 estrelas do catálogo Hipparcos, depois de filtrar heuristicamente os erros do catálogo original que continha 118.218 estrelas, e precisei criar (de improviso) um modelo para converter o índice de cor B-V(*) em Temperatura Efetiva, porque o catálogo não informa as temperaturas, e os modelos existentes para essa conversão se mostraram muito insatisfatórios.

[(*) O índice B-V é obtido a partir da proporção de luminosidades de uma estrela medidas nas linhas de Fraunhofer azul e vermelha]

As tentativas que fiz usando a fórmula de Ballesteros e a fórmula Sekiguchi—Fukugita ficaram muito distorcidas nas extremidades, principalmente nos casos de estrelas mais quentes. Por exemplo: para uma

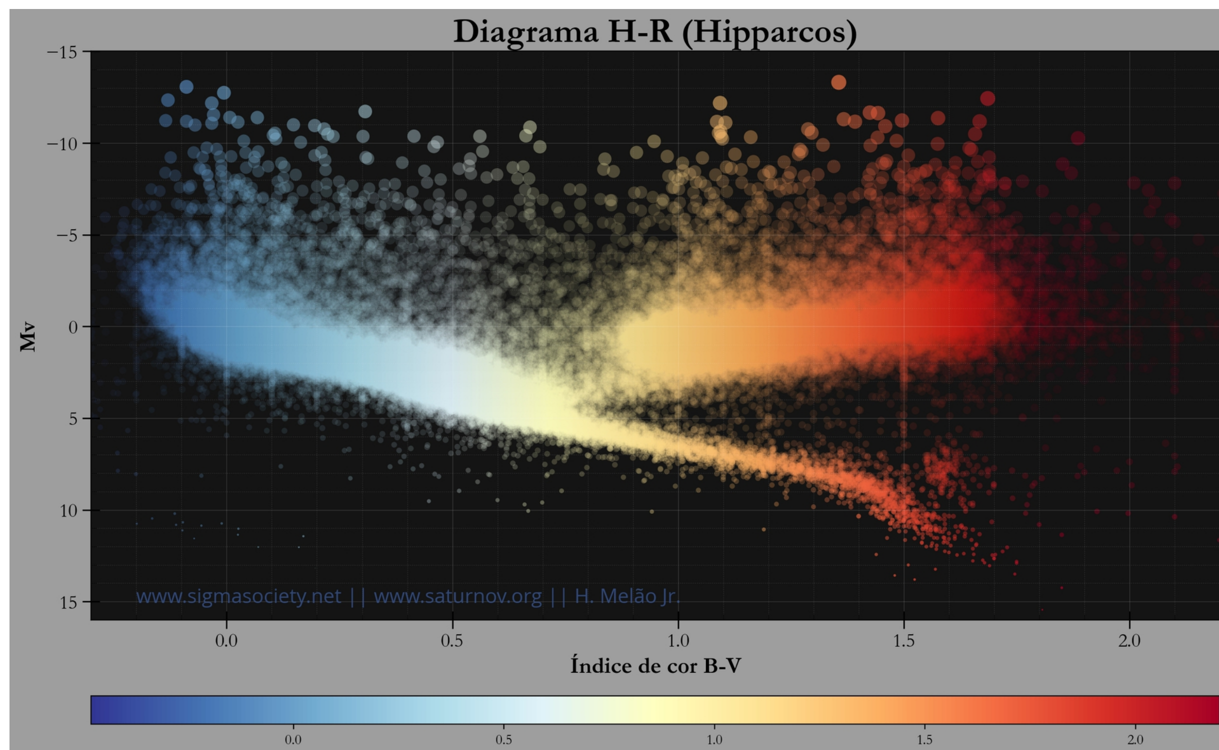
estrela do tipo espectral O3, a temperatura na superfície (fotosfera) é cerca de 45.000 K, mas a fórmula de Ballesteros fornece como resultado a temperatura de 18.000 K, enquanto a de Sekiguchi—Fukugita fornece 14.000 K. São erros muito grandes e deixariam as cores muito distorcidas. O gráfico abaixo mostra uma comparação entre os dados experimentais (círculos pretos) com os 3 modelos (meu modelo é a linha azul, o de Ballesteros é a linha salmão, o de Sekiguchi—Fukugita é a linha verde):



Para estrelas entre B-V=0 e B-V=1,4 (que correspondem às classes espectrais entre A0 e K9), todos os modelos funcionam relativamente bem, mas fora desse intervalo, os modelos tradicionais não representam satisfatoriamente os dados experimentais, principalmente para índices B-V abaixo de -0,1.

Embora o modelo que improvisei para isso seja superior aos tradicionais, a fórmula de Sekiguchi—Fukugita tem a vantagem de ser mais personalizada para cada estrela, levando em consideração a metalicidade. Talvez futuramente eu introduza mais parâmetros em meu modelo, para que seja utilizado também para estrelas individuais.

O gráfico abaixo mostra os próprios índices de cor, que estão nas posições corretas ao longo de toda a escala:



A massa, a luminosidade, o diâmetro e a expectativa de vida também apresentam forte correlação com a classe espectral, se as estrelas estiverem na sequência principal, mas não se já tiverem saído da sequência principal, como acontecerá ao Sol daqui a 5 bilhões de anos, quando ele aumentará cerca de 100 vezes seu diâmetro, enquanto sua temperatura na superfície (fotosfera) continuará sendo razoavelmente bem representada por sua cor, que ficará avermelhada e a temperatura na superfície cairá para cerca de 3500 K. Sua massa também estará um pouco menor, embora sua luminosidade fique maior. Portanto a cor funciona como indicador de temperatura mesmo para estrelas fora da sequência principal, mas outras características não.

MERCÚRIO E VÊNUS – EFEITO ESTUFA E DIFERENÇAS DE ALBEDO

O cálculo da temperatura na superfície dos planetas, quando não há atmosfera envolvida, é mais simples do que no centro. Depende basicamente da quantidade de energia recebida por unidade de área e da fração dessa energia absorvida pela superfície. Há mais alguns fatores a considerar, como a dimensão fractal da superfície, a rotação, a condutividade térmica do material etc., mas considerando exclusivamente a energia incidente e a refletida, já se tem uma boa aproximação. Há algumas

exceções, como o satélite de Saturno Encélado, que apresenta albedo muito anormal, sendo mais quente nas regiões que se esperava que fossem mais frias e vice-versa.

Outra anomalia em Encélado é que algumas medidas de seu albedo indicam valores maiores do que 1. Isso só faria sentido se ele refletisse mais de 100% da luz incidente, o que obviamente não faz sentido. O problema é que as fórmulas utilizadas para cálculo de albedo são inadequadas, tratando as superfícies desses astros como se fossem euclidianas e lisas, quando na verdade são fractais. Isso produz erros muito grandes, que podem ultrapassar 20% em comparação ao valor correto.

No caso de Saturno, por exemplo, quando está com seus anéis na máxima inclinação em relação à eclíptica, algumas vezes muitas das partículas que constituem seus anéis se posicionam de maneira a refletir muito mais luz do que o normal. Não se conhece uma explicação para esse efeito, mas pensando um pouco sobre o assunto, suponho que isso acontece porque cada uma dessas partículas que constituem os anéis é como um pequeno planeta, que gira em torno de Saturno e gira em torno do próprio eixo. Como estão muito próximas de Saturno, provavelmente todas ou quase todas estão sincronizadas (tem a rotação igual à translação), devido ao efeito de maré, e provavelmente os planos dos equadores da maioria dessas partículas é coplanar com o equador de Saturno. Nesse cenário, se houver uma assimetria substancial nos albedos do hemisfério Norte e Sul de muitas dessas partículas, então quando Saturno está 26,73º inclinado para um lado, essas partículas refletirão mais luz e parecerão mais brilhantes, aumentando sensivelmente o brilho total dos anéis. Nesse caso, o fenômeno deve se repetir a cada 29,46 anos. Ou se essas partículas tiverem “calotas polares” e estas tiverem albedo maior do que a média do restante da superfície, isso explicará ainda melhor esse fenômeno, porque quando estiverem inclinadas 26,73º, uma fração maior da calota ficará voltada para a Terra, aumentando o albedo médio de cada partícula. Nesse caso, o fenômeno deve se repetir a cada 14,73 anos.

Não é necessário que haja uma diferença de albedo para isso. Pode ser também algo similar ao que acontece com Encélado, em que a superfície dessas partículas apresente propriedades fractais que favoreçam a reflexão de mais luz na direção da Terra em determinadas configurações angulares.

Para compreender melhor esse processo, imagine raios de luz aproximadamente paralelos incidindo sobre uma superfície curva e lisa.

Não farei um desenho para ilustrar porque o leitor precisa se habituar a imaginar situações geométricas e mecânicas, sem necessitar de uma figura de referência. Nesse exemplo, imagine a Lua cheia sendo iluminada pelos raios solares. Os raios que chegam à região central da Lua são refletidos quase diretamente na direção da Terra, mas os raios que chegam próximos às bordas da Lua são refletidos em ângulos cada vez mais obtusos, consequentemente essas regiões parecerão um pouco mais escuras, não porque sejam de fato mais escuras, mas sim porque a configuração geométrica de como os raios incidem e se refletem nessas diferentes regiões produzem esse efeito.

Como a Lua é muito brilhante e nossa sensibilidade visual está numa escala logarítmica, quase não percebemos essa diferença, mas quando olhamos para objetos menos brilhantes, como Urano ou Netuno, o efeito é marcante, e as bordas ficam perceptivelmente mais escuras do que as regiões centrais. Até mesmo em Júpiter já podemos perceber esse efeito ao processar imagens, sendo necessário fazer uma pequena compensação para evitar que fique estourado de branco no centro e escuro demais nas bordas. Os cálculos de albedo levam em consideração esses aspectos geométricos, porém falham em assumir a hipótese de que as superfícies são lisas.

Considere a mesma situação anterior, porém agora tenha em mente que a superfície da Lua não é perfeitamente lisa. Se as irregularidades na superfície da Lua forem aleatórias, homogêneas e isotrópicas, o resultado será aproximadamente o mesmo que se ela fosse lisa. Porém se ela tiver microestruturas na superfície que fiquem quase perpendiculares ao plano que tangencia o solo, essas estruturas nas proximidades das bordas farão a luz que incide sobre elas ser refletida quase exatamente na direção da Terra, da mesma maneira que acontece com a luz que índice na região central da Lua. Como resultado, a luz total refletida pela Lua será maior do que se a Lua fosse perfeitamente lisa. Há várias outras configurações possíveis que também poderiam produzir esse efeito, tais como ter predominância desse tipo de estruturas nas bordas (mesmo que não ocorram em outras regiões), ou ter estruturas naturais em altas latitudes que se se assemelhem a refletores de canto cuboide, entre outras possibilidades.

Claro que não há estruturas perfeitamente perpendiculares ao solo, mas há uma distribuição de estruturas com diferentes inclinações, que no conjunto produzem um pouco desse efeito ao longo de todas as regiões, não apenas nas bordas, por isso a luz total refletida por um astro é, na verdade,

um pouco maior do que a quantidade determinada pela fórmula habitualmente utilizada para isso (https://cneos.jpl.nasa.gov/tools/ast_size_est.html).

$D = 10^{[3.1236 - 0.5 \log(a) - 0.2H]}$

No site da NASA, esclarecem que a fórmula considera um objeto esférico com albedo homogêneo, mas não é apenas isso. Também assumem implicitamente que a superfície seja lisa. Não dizem isso explicitamente, mas a fórmula trata de uma superfície euclidiana e não inclui qualquer ajuste para compensar os incrementos de brilho nas bordas e em outras partes. Esse erro faz com que todos os albedos calculados sejam incorretos (geralmente maiores do que os verdadeiros), mas como a maioria dos objetos possui albedo relativamente baixo, ou a incerteza nas medidas é grande, como acontece com os núcleos cometários, então as inconsistências de obter como resultado algum albedo maior do que 1 acaba não causando grandes problemas, mas no caso específico de Encélado, cujo albedo é muito alto e as incertezas nas medidas são pequenas, o problema acaba saltando à vista.

As hipóteses assumidas nessa fórmula, sobre o objeto ser esférico e homogêneo, funcionam muito bem na grande maioria dos casos. Encélado, por exemplo, é quase perfeitamente esférico (513,2 × 502,8 × 496,6) e bastante homogêneo. Seu achatamento máximo é de apenas 1/31, portanto o erro máximo associado à forma é cerca de 3% e o erro total associado à forma é menos de 2%. O problema principal é o que comentei anteriormente, sobre a estrutura ser fractal, cujo erro associado pode ultrapassar 20%. Um erro de 20% no diâmetro implica um erro em torno de $1{,}2^3$-1=72,8% no volume e, por conseguinte, na massa dos asteroides, cometas e outros objetos cujo tamanho seja calculado a partir dessa fórmula.

Há alguns anos, comentei sobre esse problema com um amigo, e a resposta dele foi bastante assustadora. Embora ele fosse uma pessoa inteligente e com bons conhecimentos sobre Ciência, ele agiu exatamente como se fazia na Idade Média, e respondeu que *"provavelmente o pessoal da NASA sabe disso"*.

Durante a Idade Média, cada vez que alguém apontava problemas relacionados à tese de Aristóteles sobre corpos pesados caírem mais rápido do que os mais leves, a resposta era a mesma: *"provavelmente Aristóteles sabia disso"*. Se sabia, porque manteve o erro? Foi necessário que se

passassem 2000 anos até que Galileu refutasse conclusivamente a crença que se tinha sobre isso. Muitos antes de Galileu, inclusive Buridano, 400 anos antes, já havia realizado experimentos e mostrado que Aristóteles estava equivocado, porém o erro continuou a ser repetido.

Esse culto à autoridade é um dos grandes problemas que entorpece a mente e atrasa o desenvolvimento científico e tecnológico, porque em vez de pensar racionalmente, as pessoas simplesmente acreditam que alguém ou alguma instituição não deve ter errado em algo tão básico. Quase sempre, esse tipo de crença se verifica improcedente, inclusive há abundantes exemplos de erros cometidos pela NASA e por todas as grandes instituições científicas, bem como por grandes cientistas. Só para citar alguns exemplos:

O acidente com a Challenger, em 1986, que custou 7 vidas. Além dos erros por falhas na manutenção, que foram descobertos e denunciados por Feynman, tentaram maquiar o problema alegando que a probabilidade de algo daquele tipo ocorrer era 1 em 100.000, mas Feynman mostrou que a probabilidade correta era da ordem de 1 em 100 e nas décadas seguintes esse cálculo foi aprimorado para 1 em 40. Portanto a probabilidade real de acidente era 2500 vezes maior do que a probabilidade alegada pela NASA.

Os erros na curvatura da superfície óptica do elemento principal do Telescópio Espacial Hubble, que custou 4 bilhões de dólares e levou quase 20 anos para ser construído e colocado em órbita, é o tipo de erro que os bons amadores que constroem telescópios artesanais teriam evitado. O Hubble utiliza um design chamado *Ritchey-Chrétien*, que é uma variação do design *Cassegrain*, com um espelho primário na forma de uma capa de hiperboloide e um espelho secundário convexo. Isso reduz tanto a aberração cromática quanto a aberração esférica. Os telescópios mais recentes da Meade utilizam esse design e a maioria dos observatórios profissionais também. Entretanto, a empresa contratada pela NASA para construir o espelho primário (Perkin-Elmer) utilizou um interferômetro descolimado para conferir o formato da superfície do espelho. Nesse caso, a culpa da NASA foi por não ter testado o equipamento antes de colocá-lo em órbita. Só descobriram o problema depois que o telescópio estava a 540 km de altitude, sendo muito mais trabalho, complexo e oneroso fazer os reparos necessários. Felizmente, como o erro não era aleatório, mas sim determinado por uma curva suave e determinada por uma função bem conhecida, foi relativamente fácil corrigir, adicionando um elemento óptico

na câmera WFPC2 para redirecionar os raios de luz de modo a que todos chegassem a um mesmo ponto focal.

Esses são alguns dos erros que se tornaram famosos por serem trágicos e imensos, a tal ponto que foram amplamente disseminados pelas mídias, mas há um número muito maior de erros menores que são cometidos frequentemente, e não chegam a ser divulgados. Só aparecem se a pessoa ler com atenção os artigos e examinar com cuidado os conteúdos. Um exemplo foi o artigo inaugural sobre o telescópio James Webb, que apontei nesse artigo: https://www.saturnov.org/news/james-webb

Alguns parágrafos acima, na parte em que comentei sobre o catálogo Hipparcos, por exemplo, também mencionei mais de 7.600 erros presentes nesse catálogo. Isso contando exclusivamente os erros filtrados heuristicamente, por detecção de inconsistências. Se fizesse uma análise individual ou desenvolvesse um sistema baseado em ML para aprender a detectar erros e depois os filtrasse, provavelmente encontraria mais de 10.000. Isso representa cerca de 7% a 9% de dados incorretos.

Portanto é uma ingenuidade muito grande acreditar que a NASA não comete erros, ou que qualquer pessoa não comete erros. Analisando partidas de Xadrez de Fischer, Kasparov, Carlsen, Karpov, Kramnik, Capablanca etc., com as melhores engines modernas, percebe-se que todos esses grandes campeões cometiam e cometem dezenas de erros em cada partida. Claro que essa interpretação depende do significo de “erro”. Se considerar que todo lance que não seja o melhor possível é errado, então cometem dezenas de erros por partida. Se adotar um critério mais tolerante, e só considerar como “erro” os casos quando a diferença entre o melhor lance e o lance executado for maior do que determinado *threshold*, então a porcentagem de erros cometidos dependerá do nível de tolerância, portanto deixaria o critério vago e subjetivo.

No mundo real, os problemas geralmente são muitíssimo mais complexos do que no Xadrez, portanto os erros também são muito mais frequentes e mais graves. É necessário aprender a lidar com os erros, filtrá-los na medida do possível, pelo menos os maiores e mais graves, e tentar adotar modelos matemáticos que simplifiquem a realidade e ajudem a reduzir os erros. Nesse processo, é muito perigoso simplificar incorretamente e agravar ainda mais os erros. É exatamente isso que acontece no exemplo de como a NASA calcula os diâmetros de asteroides

sem levar em consideração a dimensão fractal, porque simplifica além do que deveria.

Meu amigo também fez uma objeção ao uso de um método mais acurado e mais completo, alegando que tornaria o cálculo excessivamente complexo, porque precisaria conhecer a Lei de formação dos fractais e equacionar o problema utilizando os ângulos de reflexão para cada parte da estrutura.

Então expliquei que, na verdade, não seria necessário nada disso. A lei de formação só teria alguma utilidade se fosse reconstruir o fractal, mas para corrigir estatisticamente o efeito que citei, haveria um caminho muito mais simples e engenhoso: bastaria medir empiricamente uma amostra suficientemente grande e diversificada de objetos cujos albedos e os diâmetros sejam conhecidos, aplicar o método tradicional para determinar os diâmetros desses objetos e medir as diferenças em relação aos diâmetros verdadeiros. Isso permitiria saber qual o tamanho do erro típico da fórmula e usar esse valor para calibrar os cálculos nos casos de objetos cujos diâmetros fossem desconhecidos.

Certamente esse método não funcionaria com precisão se aplicado em diferentes tipos de objetos, por isso precisaria de uma amostra diversificada, para estratificar os objetos em classes e encontrar o fator de ajuste para cada classe. Assim, digamos que para asteroides com cerca de 100 km de diâmetro o erro típico seja +14% com desvio padrão de 3%, então bastaria corrigir esse erro sistemático subtraindo os 14% de excesso. Para asteroides com cerca de 10 km de diâmetro, digamos que o erro típico seja +19% com desvio padrão de 4%, então bastaria corrigir esse erro sistemático subtraindo os 19% de excesso. E assim sucessivamente.

Esse método só não funcionaria se não fosse possível agrupar os objetos em classes suficientemente homogêneas e identificáveis, nas quais os erros típicos pudessem ser medidos entre os elementos conhecidos daquela classe e depois reutilizados para corrigir as medições nos elementos desconhecidos da mesma classe.

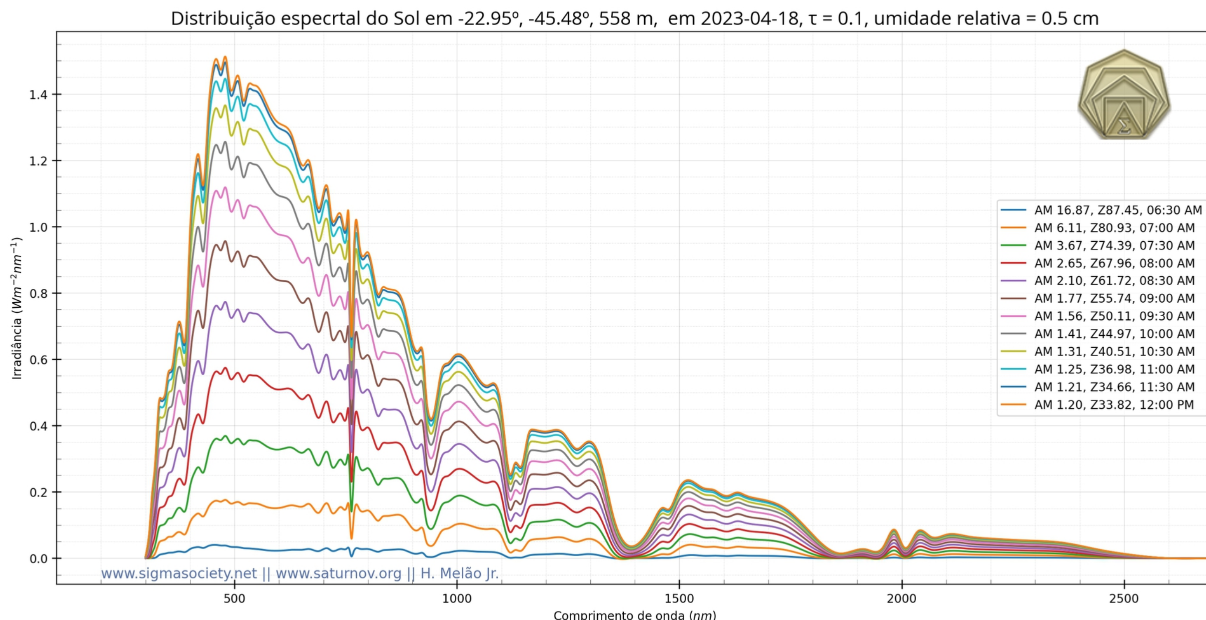
Se as incertezas fossem de 20%, por exemplo, seria possível reposicionar a tendência central e reduzir um pouco o erro, mas não muito. Se os critérios de classificação envolvessem características não identificáveis ou de muito difícil identificação, também seria um problema.

Enfim, o fato é que Encélado é um objeto com algumas particularidades, nesse aspecto (e em outros aspectos). Com exceção de

Encélado e talvez algumas populações de partículas dos anéis de Saturno, a maioria dos grandes objetos do Sistema Solar não apresenta grandes problemas em relação a isso.

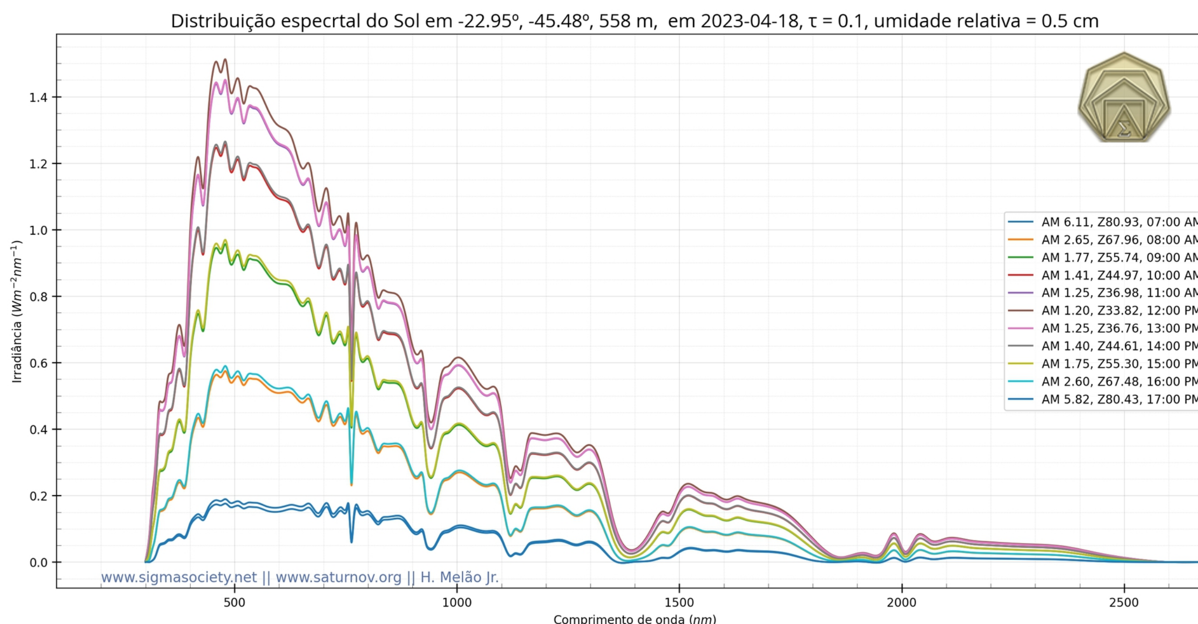
No caso da Terra, a energia solar que chega em nossa região, acima da atmosfera na linha do equador, é suficiente para aquecer um corpo negro até 119ºC (123ºC no periélio), mas a Terra não é um corpo negro e reflete cerca de 30% da energia que recebe, deixando a temperatura bem mais amena. Nas latitudes mais altas, os raios solares chegam mais inclinados, portanto o fluxo energético é menor, já que a mesma quantidade de luz se distribui por uma superfície maior. A atmosfera da Terra também contribui para reduzir a amplitude de variação de temperatura entre o dia e a noite. Como resultado dos diversos fatores combinados, a temperatura atual média do planeta fica em torno de 14ºC. Ao longo de nossa história, essa temperatura tem oscilado (num de meus artigos, discuto essa questão com mais detalhes).

O gráfico a seguir mostra o fluxo energético que do Sol em cada comprimento de onda na minha localidade (22,95º Sul, 45,48º Oeste, 558 m acima do nível do mar) e mostra como esse fluxo varia ao longo do dia entre 6:30h e 12:00h:



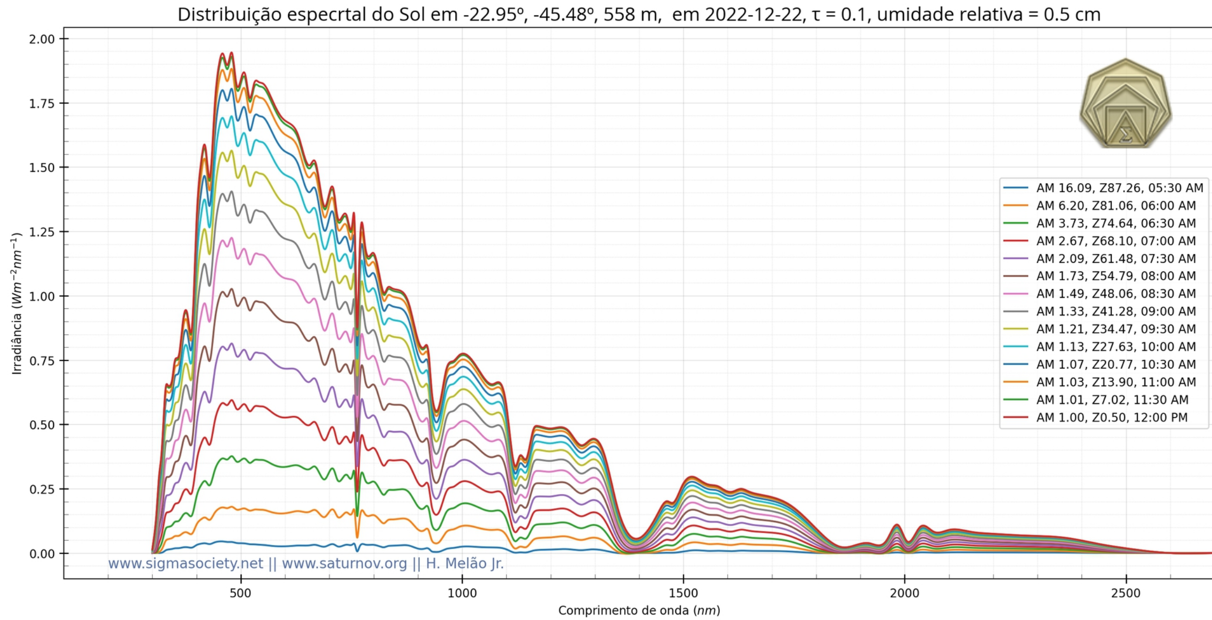
Z é a distância do Sol ao zênite em cada momento e AM é a massa de ar que está obstruindo os raios solares. A turbidez é representada por "τ".

Se considerar os horários simétricos, como 11h e 13h, 10h e 14h etc., podemos notar que os fluxos não são iguais:

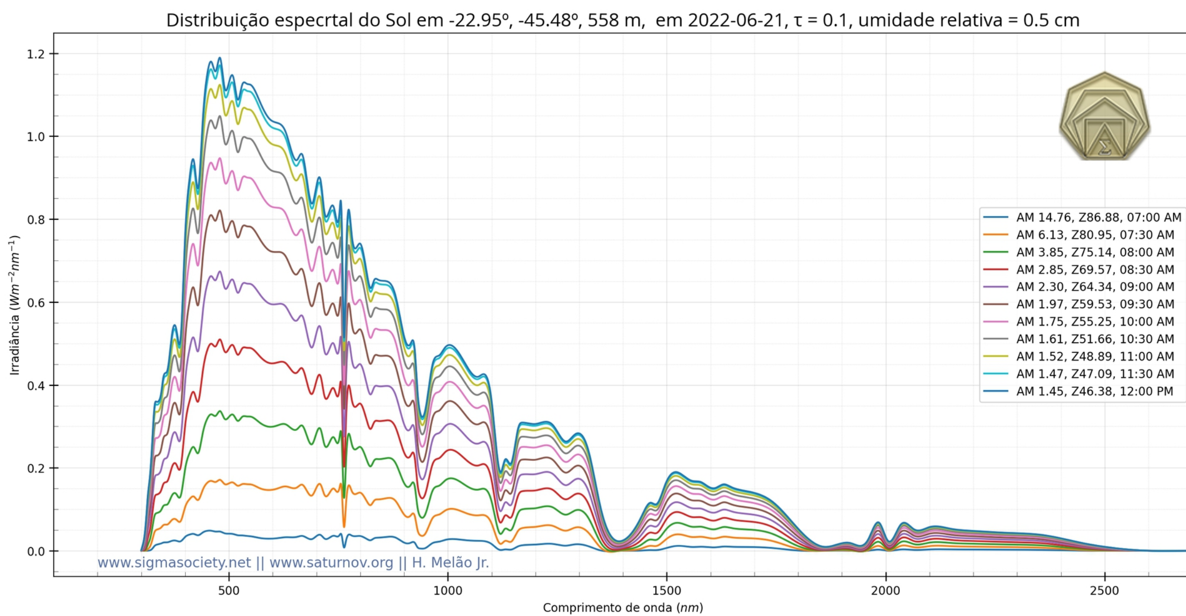


Isso acontece por várias razões. Uma delas é porque a inclinação aparente do Sol no eixo Norte—Sul vai mudando ao longo do ano, portanto a posição 7:00h, por exemplo, não é exatamente simétrica à posição de 17:00h, bem como todas as outras posições. Outro motivo é porque como a órbita da Terra é elíptica, a cada instante ela está se aproximando ou se afastando um pouco mais do Sol. Como o periélio ocorre no início de janeiro e agora estamos em abril, então atualmente a Terra está se afastando. Outro motivo é porque a duração do dia solar não é exatamente igual ao longo do ano. Em datas mais próximas do Verão, o dia é um pouco mais longo. Como agora estamos rumo ao Inverno, cada dia é um pouco mais curto que o anterior, e não apenas isso, mas também a segunda "metade" do dia é um pouco mais curta que a primeira "metade". O significado de "metade" nesse contexto é o intervalo entre o nascer-do-Sol e a chegada do Sol ao zênite como sendo a primeira metade, enquanto o percurso do Sol desde o zênite até o pôr-do-Sol é a segunda metade.

Em 22/12/2022, na minha localidade, a distribuição espectral esteve assim:

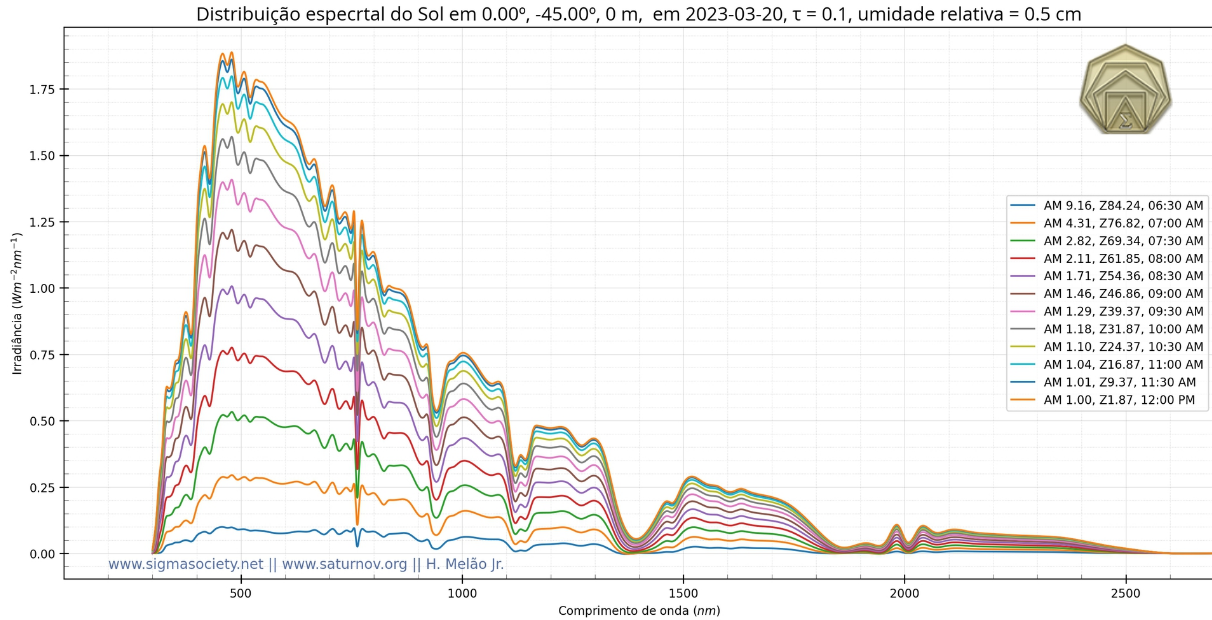


E em 21/06/2022 esteve assim:

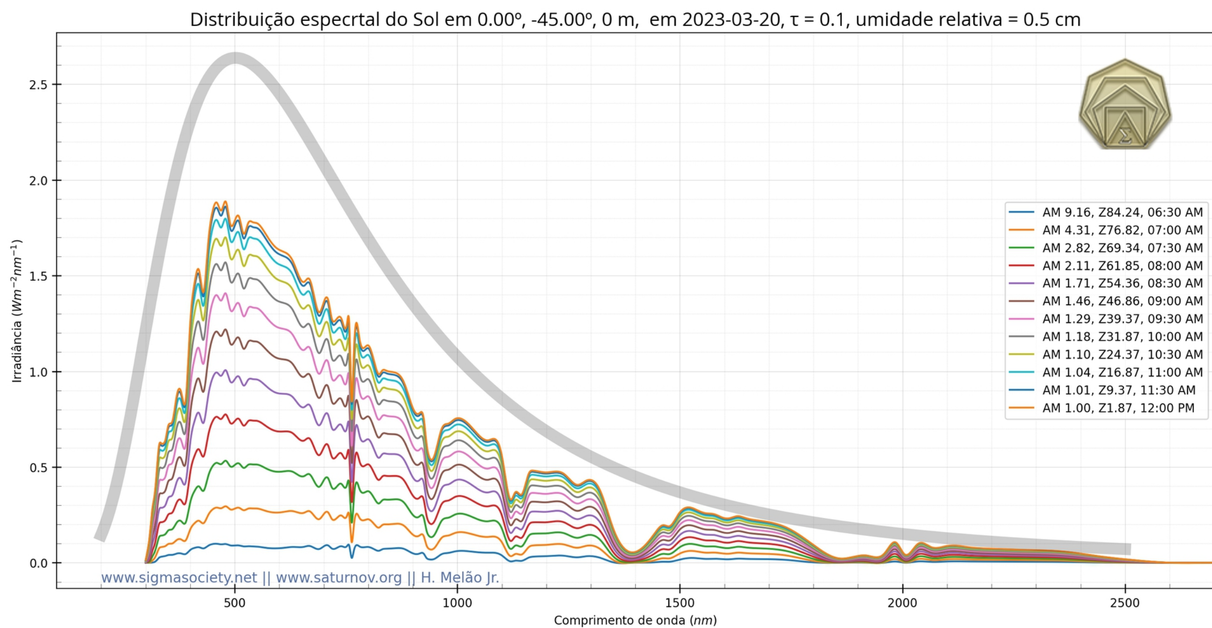


No Inverno o Sol ainda não havia nascido às 6:30h, por isso há uma linha a menos, enquanto no Verão o Sol já havia nascido 5:30h.

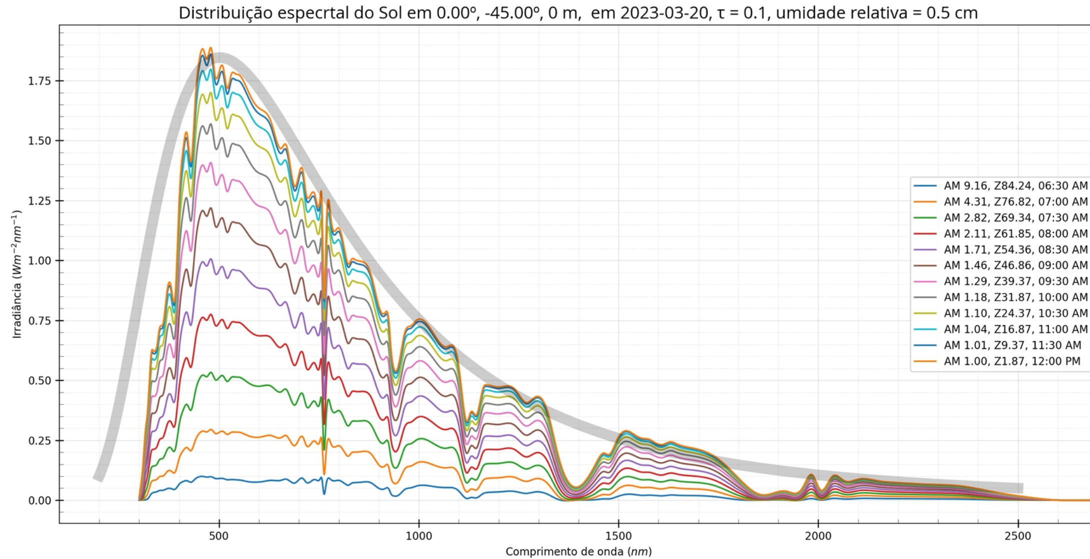
No equador, ao nível do mar, na longitude 45º Oeste, no Equinócio de Outono, a distribuição espectral é assim:



Acima da atmosfera, a distribuição espectral teórica de radiação de corpo negro é essa:



Se descontar o albedo, a curva teórica fica bastante aderente aos dados do fluxo de radiação na atmosfera nos comprimentos de onda acima de 489 nm, mas não tanto para comprimentos mais curtos:



Os valores sob a atmosfera são calculados com base no modelo de Kasten—Young de 1989 e acima da atmosfera foi usado o modelo de radiação de corpo negro de Planck.

O vapor d’água e o CO_2 filtram grande parte da luz que chega do Sol, além disso, filtram seletivamente mais determinados comprimentos de onda do que outros. Os principais componentes da atmosfera, N_2 (78,08%) e O_2 (20,95%), são ambos gases diatômicos que não possuem dipolo elétrico permanente, portanto não apresentam bandas de absorção no infravermelho, isto é, o N_2 e o O_2 são praticamente transparentes para a radiação IR. Entretanto, filtram a radiação UV. O terceiro principal componente, o argônio (0,93%), também é quase completamente transparente aos raios IR e à luz visível, mas absorve no UV em comprimentos de onda abaixo de 400 nm e principalmente abaixo de 250 nm. Portanto, esses gases que constituem 99,96% da atmosfera, filtram a entrada de raios UV, mas deixam passar luz visível e IR.

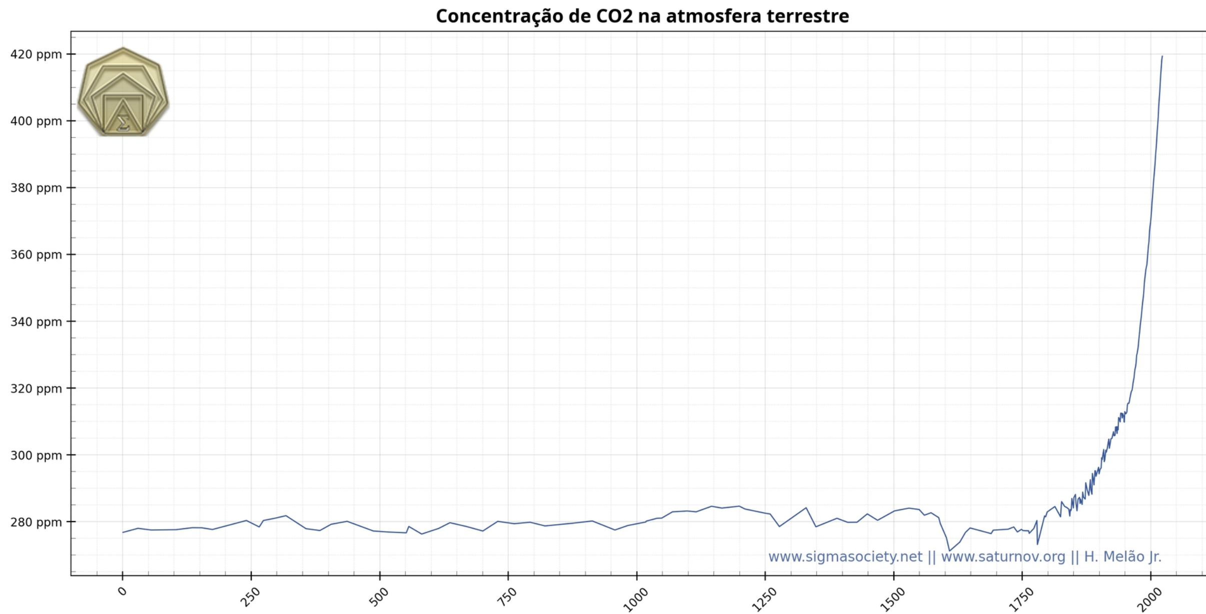
Os demais componentes da atmosfera, embora estejam presentes em quantidades relativamente pequenas, como a massa total da atmosfera é muito grande ($5{,}148 \times 10^{18}$ kg) e muito espessa, o efeito produzido ainda é sensível. Por isso os gases que produzem efeito estufa (CO_2, CH_4, N_2O etc.) desempenham um papel importante no clima. No caso da Lua, cuja atmosfera é muito tênue, praticamente toda a radiação solar que chega acaba incidindo sobre a superfície, elevando a temperatura no equador lunar

até cerca de 120ºC durante o dia, depois cai até -150ºC durante a noite. Embora a distância da Lua ao Sol seja praticamente a mesma da Terra ao Sol, a flutuação térmica na Lua é muito maior devido à quase ausência de atmosfera. O CO_2 é um dos principais responsáveis por essa estabilidade na temperatura de nosso planeta, porque ele é quase transparente aos raios UV, que chegam, aquecem a superfície, fazendo com que a superfície aquecida emita IR, e grande parte desse IR é bloqueada pelo CO_2, portanto a quantidade de energia que a Terra recebe do Sol e a quantidade refletida acaba sendo modificada devido ao CO_2, que nos proporciona uma temperatura mais agradável, mais estável, com menor amplitude de variação.

Por outro lado, o aumento indiscriminado na concentração de CO_2 vai intensificando esse efeito, que começa a se tornar perigoso e até mesmo letal depois de certo limite. Além do sobreaquecimento, há também outros perigos. A concentração atual de CO_2 é cerca de 0,042%. Há apenas 150 anos, era 0,029%. Alguns estudos sugerem que elevadas concentrações de CO_2 podem aumentar a probabilidade de desenvolver cálculos renais e pode estar associado à desmineralização óssea, além de redução do nível cognitivo e, dependendo da concentração, pode levar à morte. Mas os efeitos só começam a se tornar sensíveis para concentrações acima de 0,1% e só começam a ser marcantes por volta de 0,5%.

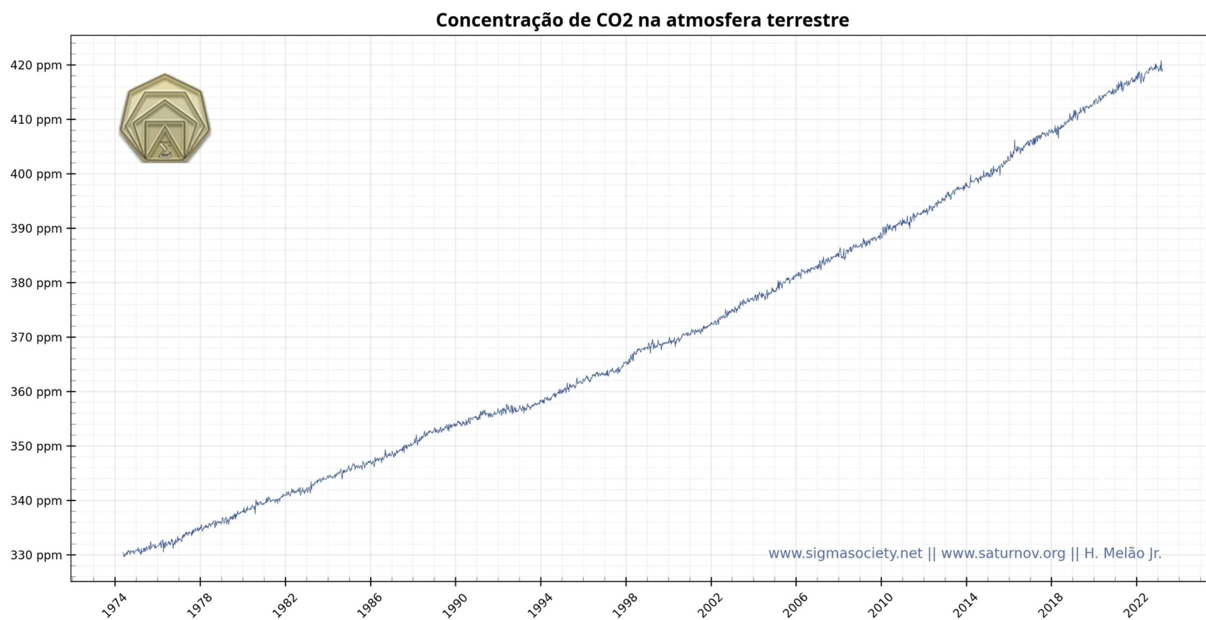
Há vários estudos que tentam relacionar o aumento na temperatura global com as concentrações de CO_2, mas é difícil determinar se tais correlações são espúrias, já que o aumento nas concentrações está associado à crescente industrialização, enquanto os aumentos na temperatura podem estar associados às variações climáticas normais por continuarmos saindo da mini Era do Gelo ocorrida entre 1420 e 1820. Estamos vivenciando um período de rápido aumento na temperatura global, mas houve diversos momentos históricos nos quais isso já aconteceu, sem que estivesse necessariamente associado a um aumento antropogênico de produção de CO_2.

Os que gostam de defender a tese de que estamos na iminência de uma catástrofe climática devido ao aumento anormal na temperatura, geralmente usam esse gráfico (dados disponíveis em *Our World in Data*):

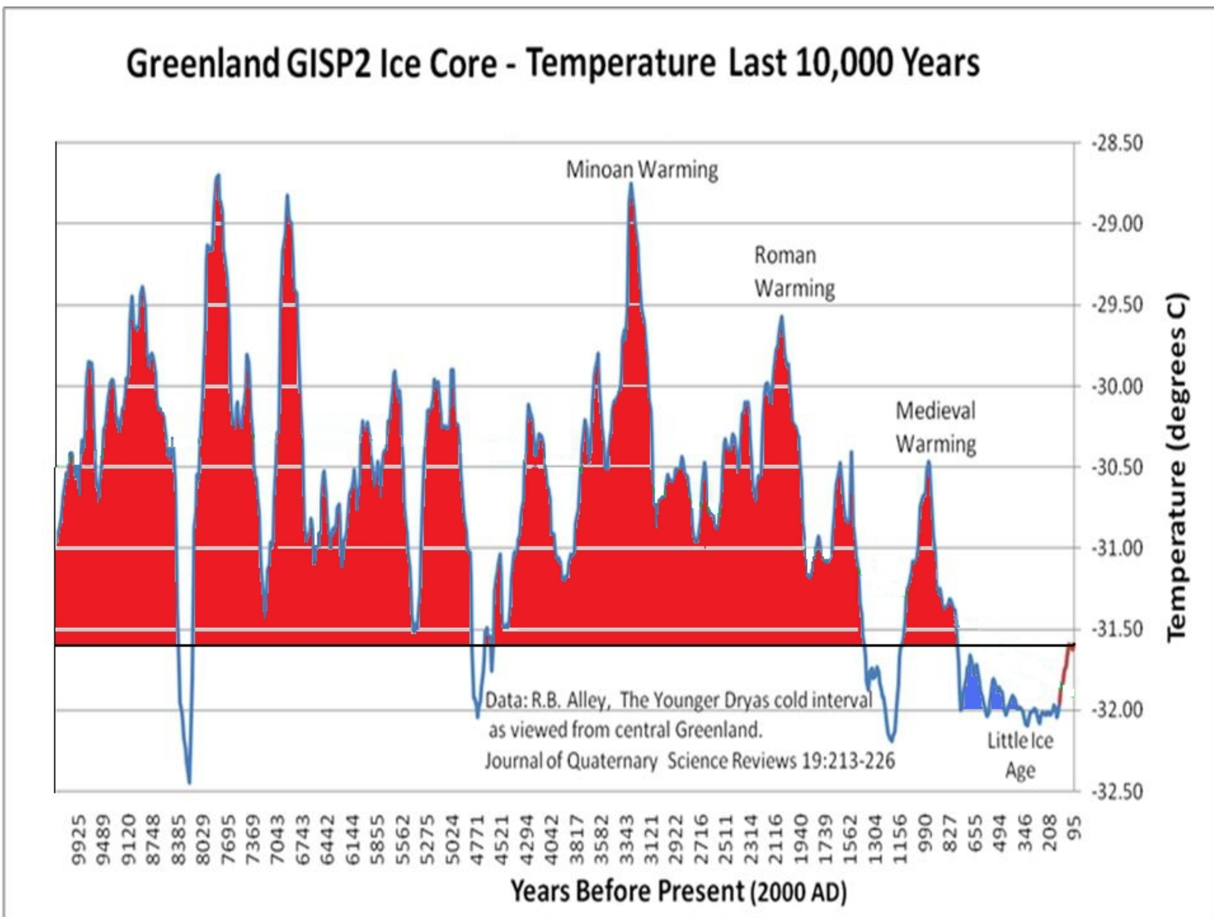


Que faz parecer que desde 1800 houve um aumento extraordinário e sem precedentes, pelo menos em comparação aos últimos 2000 anos.

Isso também é corroborado pelos dados disponibilizados no site do NOAA, de maio de 1974 a março de 2023:

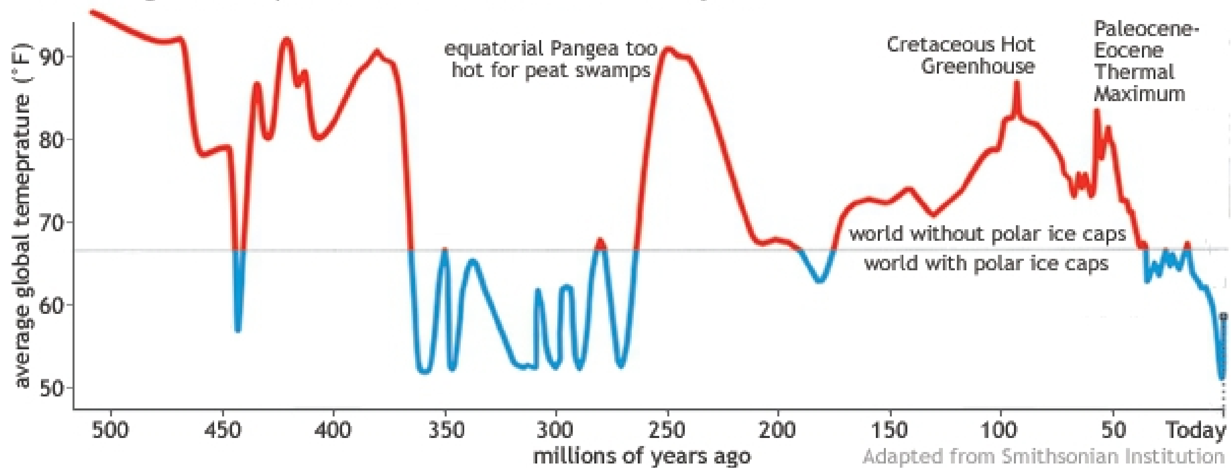


Porém aqueles que gostam de defender a tese de que esse aumento é normal, usam esse gráfico:



Deixando claro que apesar do aumento realmente incomum nos últimos 200 anos, quando se considera os últimos 10.000 anos, houve várias flutuações com amplitude muito maior e com variações tão rápidas ou mais rápidas do que essa.

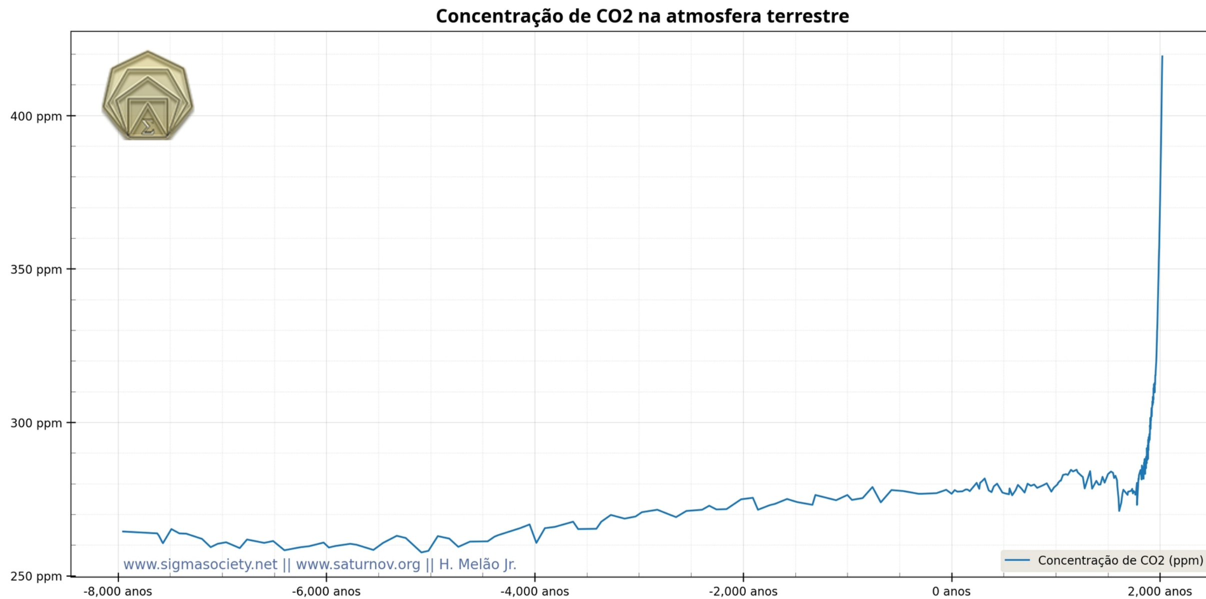
Quando se considera os últimos 500.000.000 de anos, as variações foram ainda mais amplas, e estamos bem abaixo da média histórica desse período, de modo que o aumento recente poderia ser interpretado como uma “correção” na baixa histórica.



Portanto, embora tenha ocorrido um rápido aumento na temperatura desde 1815, na mesma época em que ocorreu um rápido aumento na emissão de CO_2, isso não é evidência suficientemente forte de que ambos os eventos tenham uma relação de causalidade.

Claro que, quando se considera que o CO_2 produz o efeito de bloquear muito mais IR do que UV, e ambos os aumentos começaram em datas muito próximas, isso reforça a tese de que pode haver uma relação de causalidade. Por outro lado, quando se considera que tais aumentos na concentração de CO_2 foram de apenas 0,012% no total de CO_2 presente na atmosfera, pode ser necessário apresentar mais evidências que corroborem essa suposta relação, preferencialmente apresentando resultados de testes controlados indicando quanto de variação na temperatura é provocado por determinado aumento no nível de CO_2 sem interferência de outros fatores. Isso não é tão difícil, há ferramentas estatísticas apropriadas para isolar os efeitos de diferentes variáveis que estejam atuando conjuntamente.

Além disso, quando se compara as variações nos níveis de CO_2 nos últimos 10.000 anos com as variações na temperatura no mesmo período, porém estimadas por métodos diferentes ou a partir de estudos diferentes, fica claro que ocorreram muitas grandes variações na temperatura sem que houvesse uma variação de proporção similar na concentração de CO_2.



Também é seriamente questionável a confiabilidade na metodologia adotada, que consiste em perfurar blocos de gelos até grandes profundidades, chegando a mais de 3000 m. Nesses blocos de gelo ficam presos os gases da atmosfera em épocas remotas. Os projetos GISP2, NGRIP e EPICA analisam esses gases, assumindo algumas hipóteses bastante otimistas. Uma dessas hipóteses é que os gases que permaneceram milhares ou milhões de anos encapsulados no gelo não sofreram "contaminação" ao longo desse tempo e preservaram fielmente a composição original. Outra hipótese de que eles precisam, para suportar a confiabilidade nos resultados, é que a profundidade da perfuração está fortemente correlacionada com a idade da camada e numa escala aproximadamente padronizada. Outra hipótese de que precisam é que os gases naquela localidade específica onde a perfuração foi realizada são representativos da média no planeta.

Em relação à idade, também se faz datação por C14 e outros elementos radioativos com meia-vida adequada ao intervalo que se deseja medir, compara-se com camadas de outras regiões, conta-se os ciclos de oscilações anuais etc., mesmo assim as incertezas são grandes, e essas incertezas se propagam e se misturam.

Em relação à contaminação dos casos, são tomados vários cuidados para tentar evitar que no processo de coleta de material haja alguma contaminação causada pelos equipamentos usados na coleta, pelo contato com a atmosfera externa atual etc., mas mesmo que a contaminação atual

seja meticulosamente evitada, não há como assegurar que ao longo de milhares ou milhões de anos não tenha ocorrido alguma contaminação gradual pelo próprio gelo em volta, inclusive fraturas no gelo posteriormente “cicatrizadas”, que podem ter deixado os gases de várias camadas próximas se misturarem. Geralmente há bactérias e outros micro-organismos nesse gelo, cujo metabolismo pode estar muito desacelerado devido às baixas temperaturas, mas ao longo de períodos de milhões de anos, podem modificar sensivelmente os gases naquele ambiente. Algumas bactérias psicrófilas podem metabolizar a temperaturas até -40ºC e podem sobreviver mais de 500.000 anos, e certamente há muitos organismos ainda desconhecidos capazes de metabolizar a temperaturas ainda menores, portanto em períodos tão longos quanto muitos milhares ou milhões de anos há muitos fatores que podem alterar a composição dos gases e distorcer os resultados.

Por isso esses registros acabam sendo de algum interesse, mas a confiabilidade nesses dados é baixa. As incertezas podem ser tão grandes quanto as flutuações nas medições, ou até maiores.

De qualquer modo, comparando esse gráfico de 8000 a.C. até agora com o outro de temperaturas no mesmo período, pode-se notar claramente que grandes variações na temperatura não são acompanhadas por variações similares na concentração de CO_2 e vice-versa. Isso sugere muito fortemente que seja de fato coincidência que os aumentos de temperatura recentes tenham começado junto com os aumentos na produção de CO_2, e não parece haver evidência suficientemente clara de que ambos estejam causalmente relacionados.

Na verdade, o gráfico de temperaturas não reflete de fato as temperaturas. Essas supostas temperaturas são estimadas com base em métodos baseados na composição atmosférica, que além do CO_2 podem considerar também CH_4, N_2O e outros gases. Também podem levar em consideração modelos de evolução estelar, sobre variações na temperatura do Sol em longos períodos, variações de longo prazo na distância Terra—Sol etc. Portanto é muito difícil saber como realmente foi a evolução da temperatura ao longo dos últimos milhares ou milhões de anos, bem como a variação na concentração de CO_2. Os esforços para tentar obter dados que

possibilitem estimar valores plausíveis para essas variáveis são louváveis, mas ainda assim os resultados são muito incertos.

A interpretação que podemos fazer sobre isso é que há, de fato, variações na temperatura provocadas pelas variações nos níveis de concentração de CO_2, devido às diferentes opacidades do CO_2 para diferentes comprimentos de onda, mas não há evidência conclusiva de que o tamanho dessas variações explique uma parte substancial das variações de temperatura nos últimos 200 anos. Além disso, os dados sugerem que ocorreram outras flutuações de amplitude maior e em intervalos menores, sendo que o aumento recente é similar a outros aumentos ocorridos no passado.

Mesmo que esses dados não sejam muito acurados, o fato de indicarem dezenas de flutuações de grande amplitude em poucas dezenas de milhares de anos, significa que se pelo menos algumas dessas flutuações representarem eventos reais, então ao longo de milhões de anos ocorreram centenas ou até milhares de oscilações maiores que a observada nos últimos 200 anos. Isso não significa que não se deve tomar extremo cuidado com os crescentes níveis de emissão de CO_2 e de outros gases associados ao efeito estufa, inclusive porque CO, CO_2 etc. apresentam outros efeitos nocivos à saúde.

Além do CO_2, CH_4 e N_2O, outros componentes da atmosfera também contribuem para esse efeito, ou para o efeito contrário, e o conjunto de todos os componentes acaba resultando nas condições climáticas que temos. O H_2O (vapor d'água) desempenha um papel mais importante do que o CO_2, por isso em cidades litorâneas, durante a noite é mais quente do que nos desertos, enquanto o dia nos desertos é muito mais quente. O grande problema do CO_2 é que, diferentemente do H_2O, seus efeitos podem ser cumulativos ao longo das décadas, séculos e milênios, podendo inclusive provocar desastres ecológicos. Quanto cada gás filtra cada comprimento de onda da luz, em conjunto com outros gases e quanto de calor é retido, é um efeito ainda pouco conhecido, por isso a complicação maior ocorre quando o planeta possui uma atmosfera densa. Pode-se fazer uma modelagem não-paramétrica dos resultados empiricamente observados para uma atmosfera específica, como no caso da Terra, e correlacionar a variação da temperatura com o aumento na concentração de CO_2, mas como não se tem

um modelo teórico generalizado para explicar como ocorrem essas variações, não há como extrapolar esses resultados de modo a estimar os efeitos numa atmosférica genérica, ou mesmo numa atmosfera específica diferente da terrestre.

Seria necessário fazer um modelo não-paramétrico para cada atmosfera que se desejasse investigar, coletar dados sobre diferentes concentrações de diferentes gases e medir o impacto disso sobre a temperatura da atmosfera. Ou, idealmente, seria necessário investigar muitas atmosferas e as correlações entre as concentrações de diferentes gases com a temperatura produzida, para criar uma teoria geral que explicasse os efeitos. Em vez de um modelo não-paramétrico ou com parâmetros que não tenham significados físicos e sirvam apenas para ajuste de curvas, o ideal seria que houvesse uma teoria adequada para explicar o que acontece e um modelo baseado em parâmetros bem compreendidos, cuja função desses parâmetros tivesse um significado físico e um sentido lógico. Na ausência de tal teoria e usando apenas o que se conhece até o momento, não há como determinar quanto seria necessário aumentar a massa atmosférica de Marte, por exemplo, para elevar sua temperatura até igualar à temperatura que temos na Terra, ou reduzir a densidade e a concentração de CO_2 e H_2SO_4 na atmosfera de Vênus para deixá-lo com um clima similar ao da Terra.

Os antigos gabinetes de computador, brancos ou de cores claras, eram bem planejados, para refletir mais luz e aquecer menos, enquanto os novos gabinetes pretos são ruins, porque aquecem desnecessariamente mais e reduzem a performance, além de reduzir a vida útil de todos os componentes. Além disso, há várias luzes de LED que aquecem desnecessariamente o interior do gabinete. Nos casos de capas de piscina para preservar o calor é o contrário, porque as azuis refletem mais, contribuindo menos para o aquecimento, enquanto as capas pretas são mais eficientes. Os coletes salva-vidas de cor laranja, por exemplo, são menos eficientes do que se fossem amarelos ou brancos, pois refletiriam mais luz e seriam visíveis a distâncias maiores, facilitando o resgate e aumentando a probabilidade de sobrevivência das vítimas, conforme descrevi num artigo que publiquei em 2004, em resposta à pergunta que recebi de um amigo sobre trajetória para maximizar a eficiência nos resgates a vítimas de naufrágios, e sugeri que muito mais importante do que otimizar em 1% a

trajetória seria otimizar em 20% a cor dos salva-vidas para maximizar o albedo e maximizar a distância até a qual os náufragos seriam enxergados.

Concluída essa breve introdução, agora podemos tratar do problema propriamente. Minha motivação para escrever esse artigo foi devido a uma pergunta postada em um grupo sobre Astronomia, pelo estudante de Engenharia Mecânica Noé Catone Catone. Infelizmente, como é habitual nestes grupos, foram postadas várias piadas sem graça, vários comentários ofensivos, vários comentários incorretos, e nenhuma resposta adequada, num total de mais de 500 postagens, entre as quais houve duas tentativas bastante razoáveis e bem-intencionadas de tentar explicar a situação. Houve também várias pessoas rindo da pergunta, o que, em minha opinião, deveria ser punido com 30 chibatadas e banimento permanente.

Mas o pior de tudo é que foi postado o link para uma revista de divulgação científica de grande circulação, na qual consta uma “resposta” muito infeliz. Coloquei “resposta” entre aspas porque na verdade nem se pode dizer que seja uma resposta, já que não esclarece o que foi perguntado. Seria de se esperar mais qualidade de uma revista que já teve tiragem de 400.000 exemplares, num total estimado de 2 milhões de leitores. O link para o texto da revista é este:

https://super.abril.com.br/blog/oraculo/como-venus-e-o-planeta-mais-quente-do-sistema-solar-se-mercurio-esta-mais-perto-do-sol/?fbclid=IwAR0qM6TEry4B7KRWeQHzk-s5XS4_Fz9MR4YXJex461zOEFji1kL6D2j6aJ8





Reprodução | Nasa

Como Vênus é o planeta mais quente do Sistema Solar se Mercúrio está mais perto do Sol?

Eder Ferreira, Siqueira Campos, PR

Porque a temperatura de um planeta não depende só da proximidade do Sol, mas também da superfície e da atmosfera. Em Mercúrio, ela varia de -173°C a 427°C, porque o planeta não tem uma atmosfera para segurar o termômetro. Já em Vênus, com suas nuvens de CO_2 e enxofre, é um absurdo: 14 vezes mais quente que a média de Cuiabá em janeiro (32,6 °C).

Antes de apresentar uma resposta apropriada, acho necessário analisar brevemente a resposta publicada nesta revista:

Começarei pelo mais grave: Vênus não é 14 vezes mais quente do que a temperatura média em Cuiabá. A temperatura máxima em Vênus não chega a 3 vezes a temperatura média de Cuiabá. A escala Celsius não tem um zero absoluto, por isso não se pode fazer operações de multiplicação e divisão, sem antes converter para uma escala de proporção. Não se pode multiplicar ou dividir temperaturas em graus Celsius, nem em qualquer outra escala que não seja Kelvin. Em meu livro sobre os 2022 melhores jogadores de Xadrez, há uma explicação didática detalhada sobre porque isso não pode ser feito dessa maneira.

Além de transmitir informações incorretas e conceitos incorretos, a pseudo-resposta não ofereceu explicação à pergunta. Apenas disse “é assim” e pronto. Em vez de o suposto “especialista” dizer “não sei” ou pesquisar para responder, fez uma enrolação do tipo que se encontra frequentemente no Brasil.

A pergunta é bastante clara, o autor da pergunta expõe um aparente paradoxo que reflete uma dúvida legítima, que provavelmente qualquer pessoa que pense criticamente sobre o assunto deve ter: *“Se Mercúrio está mais próximo do Sol, por que Vênus é mais quente?”*

Quando colocamos a mão mais perto do fogo, ou perto de uma lâmpada incandescente, quanto mais perto fica a mão, maior é o calor. Mas a distância é apenas um dos fatores.

No caso dessa revista, a resposta contém muitos erros, mas em outras fontes também se pode encontrar uma variedade de outras respostas erradas, bem como uma versão “padronizada” de erro, que tenta explicar com base na presença de “grande concentração” de CO_2 na atmosfera de Vênus. Não é esse o motivo. Esse é um dos fatores, que precisa ser considerado em conjunto com outros fatores e cada um dos fatores precisa ser quantificado, mesmo porque alguns desses fatores promovem maior aquecimento, enquanto outros promovem maior arrefecimento. Para avaliar se produzem mais aquecimento, e se isso é suficiente para compensar a menor distância de Mercúrio ao Sol, bem como outros fatores, como o menor albedo de Mercúrio, a resposta precisa quantificar os elementos principais e calcular os efeitos combinados. A atmosfera de Marte, por exemplo, também tem grande concentração de CO_2, similar à concentração observada em Vênus. Além disso, a proporção entre as distâncias Vênus—Sol e Mercúrio—Sol é maior do que a proporção entre as distâncias Marte—Sol e Terra—Sol, mesmo assim a superfície de Marte é, em média, muito mais fria do que a da Terra. Se a explicação baseada na concentração de CO_2 estivesse correta, então Marte deveria ser mais quente do que a Terra. Quando as pessoas que cometem esses erros são encurraladas com esse tipo de contradição, começam a fazer remendos do tipo *“ah, mas a atmosfera de Marte é muito fina”* (o termo correto seria “rarefeita”, mas costumam usar o termo “fina”). Sim, portanto a resposta baseada na concentração de CO_2 estava incorreta, e existem outros fatores que precisam ser considerados.

A questão central é justamente identificar quais são os fatores mais importantes que respondem pela maior parte do efeito observado, e sejam suficientes para justificar o fenômeno. A correta identificação dos fatores principais é basicamente a chave para encontrar as respostas a praticamente qualquer pergunta. O problema é que muitas vezes os fatores principais nem sequer são conhecidos.

É triste que uma revista com milhões de leitores tenha publicado isso, sem passar por uma filtragem adequada do concelho editorial, e mais triste ainda que uma pessoa, inadvertidamente, confiando na autoridade da revista, copiou e colou o link entre as respostas, e outras pessoas curtiram, como se fosse uma reposta adequada, prestando um grande desserviço para a disseminação de informações incorretas. Essa tendência crescente da população em difundir informações falsas e incorretas tem sido um dos problemas mais graves do país e do mundo, com impacto inclusive nas eleições presidenciais, em tratamentos incorretos para diferentes doenças, entre muitos outros problemas de suma gravidade. Mas existe um problema mais grave e mais generalizado do que esse: a incapacidade de lidar com críticas. Trato desse tema em outras questões, para não prejudicar a fluência.

Ainda sobre o pequeno texto nessa revista, os erros não terminam por aí. Há ainda vários outros. Por exemplo: Mercúrio tem atmosfera, ao contrário do que foi dito na resposta. Em livros antigos, dos anos 1960, realmente constava que Mercúrio e a Lua não tinham atmosfera, mas a partir dos anos 1980, essa informação já estava razoavelmente bem revisada e atualmente sabe-se inclusive a composição de suas atmosferas. A expressão “segurar termômetro” também é uma metáfora infeliz, e pior do que o uso da metáfora é que não há necessidade de uma atmosfera para que um planeta seja quente, tanto é que Mercúrio, com sua atmosfera extremamente tênue, é extremamente quente, e vários asteroides que passam próximos ao Sol no periélio também são muito quentes, mesmo não possuindo atmosfera.

Há ainda outros erros menores, como os valores indicados, com mais algarismos significativos do que deveria, e a ausência de especificação sobre a localidade das temperaturas, como se fosse a mesma temperatura no planeta inteiro. Em relação aos algarismos significativos, onde dizem -173ºC e 427ºC, na verdade é 100 K e 700K, ou seja, 1 algarismo significativo cada.

Como a rotação em Mercúrio é muito lenta, cerca de 58,646 dias (inclusive, durante muito tempo se pensou que sua rotação fosse síncrona com sua translação), a face exposta ao Sol chega a aquecer muito durante o dia, enquanto a face oposta chega a esfriar muito à noite. Diferentemente do que ocorre em Vênus, cuja densa atmosfera preserva a temperatura mais homogênea, com menor amplitude de variação entre dia e noite, bem como

entre as diferentes latitudes. Embora o período de rotação de Vênus seja de 243,016 dias, a rotação de suas nuvens é muito mais rápida, em torno de 6 dias, movimentando mais rapidamente as massas de ar e preservando o clima mais estável.

As temperaturas registradas em Mercúrio no equador, na face iluminada, ao meio-dia, chegam tipicamente a mais de 700 K, enquanto as temperaturas nas proximidades dos polos ou na face oposta ao Sol, à meia-noite, chegam a cerca de 80 K. Recentemente foi inclusive descoberto gelo em algumas regiões de Mercúrio, em regiões internas de crateras próximas ao polo, que "nunca" chegam a receber luz solar. O fato de a temperatura na face iluminada de Mercúrio chegar tipicamente a 700K é muito diferente de se dizer que sua temperatura é de 427ºC, que presume precisão da ordem de 1ºC, quando na verdade a incerteza é de dezenas de graus, além de esse limite variar substancialmente.

Como se não bastasse, a temperatura média registrada em Mercúrio na região mais quente da face iluminada pelo Sol é de 452ºC(*), em vez de 427ºC, mas isso é muito menor que a temperatura máxima que pode ser atingida em Mercúrio numa região de baixo albedo ao meio-dia, com Mercúrio no periélio. Não se tem registros sistemáticos de longo prazo sobre variações na temperatura de Mercúrio, mas conhecendo a temperatura média em condições específicas e dispondo de um mapa com as diferenças de albedo, pode-se calcular sua temperatura em outras condições e regiões.

No caso de Vênus, também não se tem registros sistemáticos de todas as regiões do planeta, mas em Vênus a atmosfera contribui para homogeneizar o clima. No caso da Terra, por exemplo, a variação de temperatura entre o meio-dia e meia-noite numa mesma localidade fica geralmente na faixa de 20ºC a 30ºC, enquanto na Lua essa amplitude de variação diária chega a quase 300ºC (120ºC positivos durante o dia a 170ºC negativos à noite). Como a atmosfera de Vênus é muito mais densa e muito mais rica em CO_2, a amplitude de variação possivelmente é similar ou menor que a observada na Terra. Mas a distância ao Sol e a atmosfera são apenas dois dos fatores que determinam a temperatura. Outro fator importante é o albedo. No caso de Vênus, seu albedo de Bond é cerca de 0,765, isso significa que ele reflete 76,5% da luz incidente e absorve 23,5%. Em Mercúrio o albedo de Bond médio é cerca de 0,088, variando de região para região. Quanto menor o albedo, maior é a quantidade de calor

absorvido e mais elevada fica a temperatura nessa região. Outro fator é a distância ao Sol. Quanto menor a distância, maior é o fluxo energético incidente. Esse fluxo cresce com o inverso do quadrado da distância. Há outros fatores que estão relacionados à dimensão fractal das superfícies e eventuais reações químicas produzidas, ao calor produzido no centro do planeta e propagado até a superfície etc. Mas esses efeitos combinados geralmente respondem por uma fração muito pequena da variabilidade total observada.

No caso de Vênus, sua excentricidade orbital é de apenas 0,007, portanto no periélio ele está apenas 1,4% mais próximo ao Sol do que no afélio, bem diferente de Mercúrio, cuja excentricidade orbital é cerca de 0,206, portanto no periélio ele fica 52% mais perto do Sol e exposto a um fluxo energético 130% maior.

Conhecendo a temperatura média registrada na superfície de Vênus, de 464ºC, e a temperatura média registrada na região central da face iluminada de Mercúrio, de 452ºC(*), podemos calcular quais as temperaturas máximas que podem ocorrer na superfície de cada um desses planetas em condições extremas.

[(*) https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html e https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html)

No caso de Vênus, a amplitude de variação entre dia e noite, bem como as diferenças por latitude, são muito menores do que em Mercúrio. Como a excentricidade orbital de Vênus é 0,00677323, significa que em sua posição mais próxima ao Sol sua temperatura deve subir cerca de 2,5ºC. No caso de Mercúrio, sua excentricidade orbital é de 0,20563069, portanto em seu periélio sua temperatura pode subir 88,5ºC. Além disso, como a atmosfera de Vênus é muito espessa, as diferenças de albedo na superfície não influenciam a temperatura, mas no caso de Mercúrio influenciam muito.

Num mapa de albedo de Mercúrio, podemos observar que embora o albedo médio seja cerca de 0,088, existem regiões muito mais escuras e próximas ao equador, como em S. HEL II, cujo albedo chega a menos de 0,02.

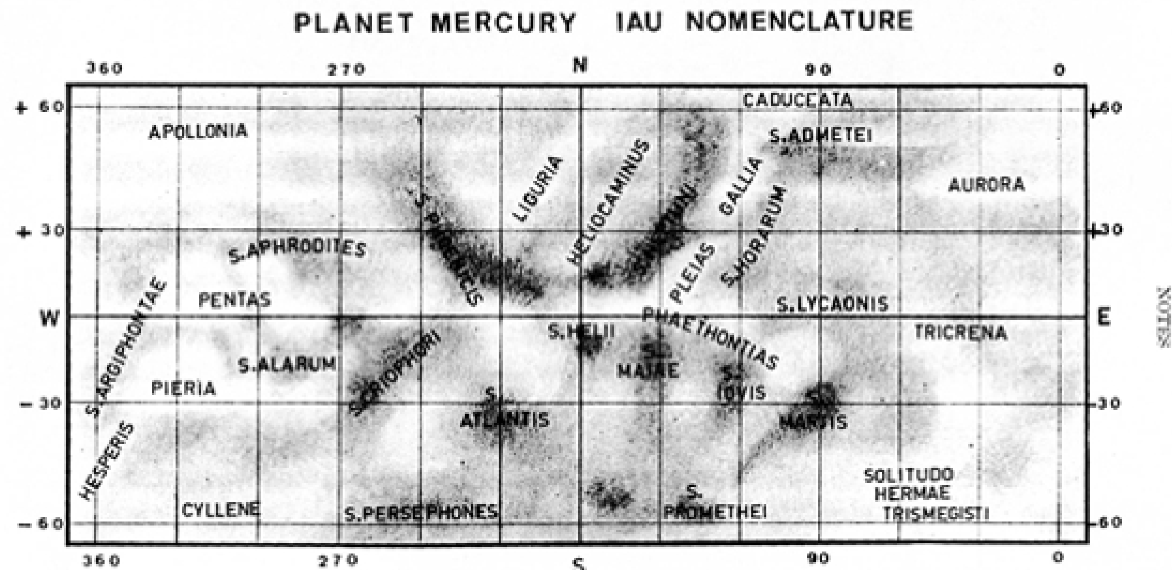
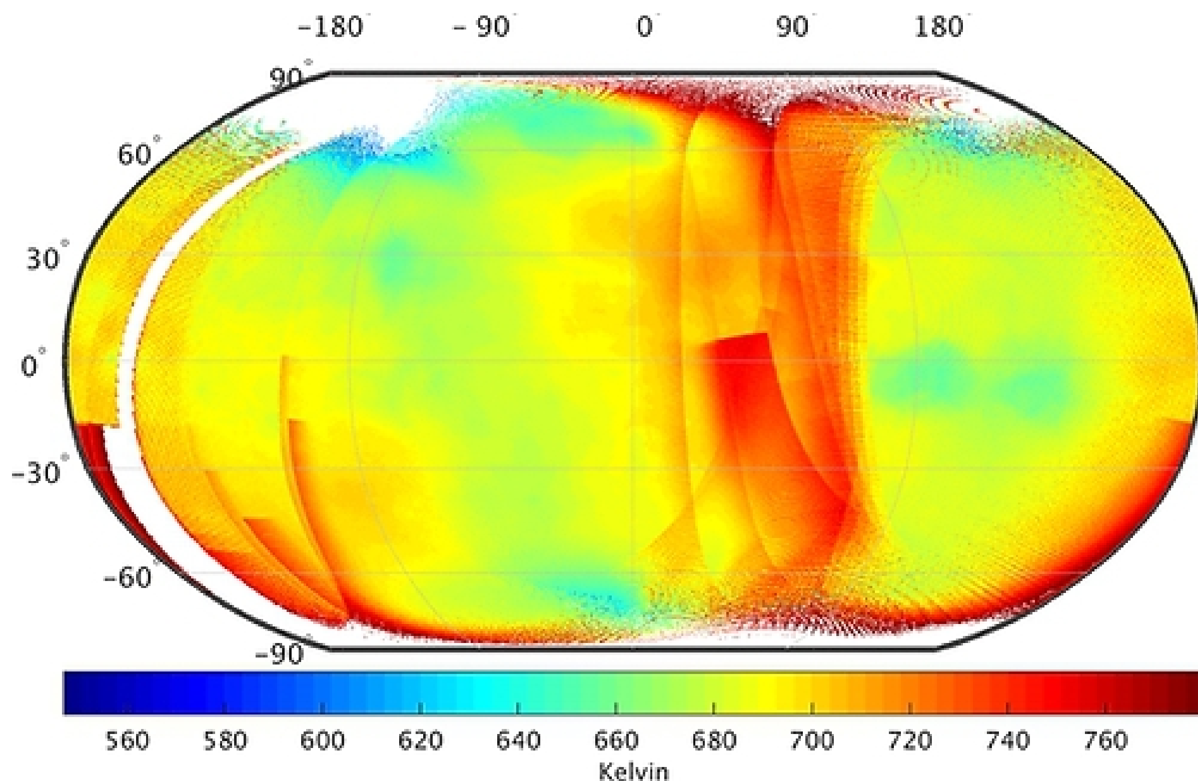


Fig. 1. Albedo markings nomenclature for planet Mercury, adopted by International Astronomical Union. S. means Solitudo and refers to the dark-hued features. North polar area is designated Borea. South polar region is Australia. Planisphere from Murray *et al.* (1972). Coordinates from the IAU system.

Digamos que a região mais escura no equador tenha 25% do albedo médio, então nessas regiões a temperatura será 52,5ºC acima da média na mesma latitude e com mesmo fluxo de energia solar. Isso significa que a temperatura máxima na superfície de Mercúrio pode facilmente chegar a 50ºC acima de sua temperatura média, eventualmente podendo chegar até 140ºC acima de sua temperatura média. Como o período de rotação de Mercúrio tem ressonância de 2:3 com sua translação, isso acaba restringindo as regiões que ficam iluminadas pelo Sol durante o periélio, por outro lado, Mercúrio possui regiões de baixo albedo numa faixa suficientemente larga de meridianos para assegurar que pelo menos algumas regiões próximas ao equador com albedo abaixo de 0,05 fiquem iluminadas quase perpendicularmente enquanto ele estiver mais próximo ao Sol, o que implica um aumento de temperatura de pelo menos algumas dezenas de graus Celsius.

Por outro lado, a variação de temperatura em Vênus ocorre num intervalo bem mais estreito, e o máximo já registrado foi cerca de 780 K, conforme o mapa abaixo.



Isso significa que as temperaturas mais elevadas em Mercúrio podem chegar a cerca de 593ºC, quando ele estiver próximo ao periélio, nas regiões de mais baixo albedo e próximas ao equador, perto do meio-dia. Quanto a Vênus, suas temperaturas mais elevadas não devem mudar mais do que 2,5ºC em função da maior aproximação ao Sol, e não devem variar em função das diferenças de albedo, ficando em torno de 510ºC.

Por isso Vênus é o planeta do Sistema Solar com maior temperatura média na superfície, porque embora o fluxo energético incidente sobre Mercúrio seja 3,49 vezes maior e Mercúrio absorva 3,88 vezes mais da energia incidente, a atmosfera de Mercúrio é muito tênue e não contribui significativamente para preservação do calor, enquanto a atmosfera de Vênus, além de ser muito mais densa (90 vezes mais densa que a da Terra), tem uma concentração muitíssimo maior de dióxido de carbono (cerca de 95% da composição atmosférica). Mas quando se trata da maior temperatura máxima na superfície, provavelmente Mercúrio atinge picos mais elevados, quando se combina diferentes fatores orbitais e geofísicos, chegando em torno de 590ºC, enquanto Vênus não deve passar de 510ºC. Curiosamente, em Mercúrio também ocorrem algumas das temperaturas mais frias do Sistema Solar, chegando a níveis mais baixos do que em

Júpiter, Saturno e até em Urano. Isso faz de Mercúrio o planeta com maior amplitude de variação térmica na superfície entre os planetas do Sistema Solar. Há outros objetos nos quais a variação de temperatura é muito maior, por terem excentricidades orbitais muito grandes. Cometas rasantes solares com órbitas hiperbólicas podem chegar muito mais perto do Sol do que Mercúrio, alguns chegam inclusive a mergulhar na coroa Solar, atingindo temperaturas de milhares de graus Celsius e muitas vezes se desintegram com o calor. Quando esses cometas se encontravam mais afastados do Sol, chegavam a 270 graus Celsius negativos, que é perto da temperatura mínima do espaço interestelar (2,72548 K).

Essa resposta traz muitos conhecimentos importantes, sobre como uma pergunta aparentemente simples e com resposta rasa pode ser esmiuçada numa miríade de sutilezas e complexidades, revelando nuances que levam uma visão multifacetada sobre a realidade. A mesma pergunta pode ser respondida de diferentes maneiras, e a resposta mais correta (Júpiter, nesse caso) é muito diferente da resposta tradicionalmente repetida. Além disso, mesmo revisando o enunciado da pergunta, ainda existem vários aspectos que precisam ser considerados. Ao aprofundar na análise da questão, descobre-se muitos mecanismos interessantes sobre como o mundo funciona, e a compreensão desses mecanismos é muito mais importante do que a resposta em si. Entender como se determina a temperatura central de um planeta ou estrela, porquê a temperatura central é maior do que a superficial, como a temperatura varia com a profundidade, compreender porque um planeta mais próximo de uma fonte de calor pode não ser tão quente quanto outro mais distante, quais fatores influem na determinação da temperatura, são alguns dos muitos ensinamentos que se pode extrair dessa resposta.

22. QUAL É O ASSUNTO SOBRE O QUAL AS PESSOAS FALAM QUE AS FAZ PARECER POUCO INTELIGENTES PARA VOCÊ?

Não é o assunto que determina a inteligência da pessoa, nem o ponto de vista que ela defende, mas sim os argumentos que ela utiliza e a maneira como ela organiza sua argumentação de modo a conduzir a conclusões apodícticas, ou não. A escolha dos axiomas também desempenha um papel relevante; se a pessoa escolher axiomas muito destoantes da realidade, as hipóteses acabam sendo fantasiosas e as conclusões não refletirão a realidade.

Se a pessoa fala sobre funk, ou qualquer tema tipicamente rotulado como fútil, mas dá uma abordagem profunda e perspicaz, por exemplo analisando as implicações sociais do aumento na taxa de gravidez entre adolescentes – que é um dos problemas que pode estar associado ao interesse por funk – e apresenta fatos estatísticos e os analisa com sagacidade, então o assunto torna-se interessante.

Em contrapartida, se a pessoa fala sobre Mecânica Quântica, mas ela não tem a menor ideia do que está falando e nunca passou perto de uma faculdade de Física nem de um livro sobre o assunto, não sabe os significados de termos básicos como “energia”, “força” etc., e usa esses termos em contextos que não fazem o menor sentido, isso não me causa boa impressão.

23. A LUZ VIAJA PARA SEMPRE OU EVENTUALMENTE DESAPARECE?

Não sabemos. Mas assumimos que se ela não interagir ao longo de sua trajetória, continuará se propagando indefinidamente, porque há uma extensa lista de motivos experimentais que suportam essa tese.

No caso de nêutrons livres, têm meia-vida bem conhecida há muito tempo. No caso de prótons, especula-se algo em torno de 10^{36} anos, mas não há recursos para medidas experimentais diretas, embora métodos indiretos tenham indicado algo acima de 10^{34} anos. E há alguns experimentos que sugerem a possibilidade de que o elétron tenha meia-vida de 10^{22} anos, o que já representa um sério problema para o modelo, se for corroborado por mais experimentos. Quanto aos fótons, se decaírem será necessário reformular grande parte da Física, inclusive porque não haveria em que eles poderiam decair, até onde se sabe.

24. QUANDO APONTO A LUZ DE UMA LANTERNA PARA O ESPAÇO, ELA VIAJA INDEFINIDAMENTE OU SE EXTINGUE?

Até onde se sabe, o fóton não decai, portanto acredita-se que cada fóton vai se propagar até deparar com um obstáculo opaco. E o fluxo (energia por unidade de área) vai diminuir com o quadrado da distância, portanto rapidamente haverá menos do que 1 fóton por metro quadrado, tornando a intensidade praticamente imperceptível por retinas ou sensores de câmeras. Se utilizasse um laser, o ângulo sólido seria muito estreito, por isso demoraria mais tempo até que o fluxo se tornasse tão baixo. É essa propriedade que permite medir a distância Terra—Lua usando feixes de laser, ou até mesmo a distância Terra—Vênus.

No caso de uma lanterna, o ângulo sólido é muito maior, por isso o fluxo energético diminui muito mais rápido. O laser usado pela NASA para medir a distância da Lua é muito bem colimado, formando um ângulo em torno de 0,0006º. Isso significa que se o *laser bean* emitido tivesse 1 mm de diâmetro, ao chegar na Lua teria cerca de 4 m de diâmetro. No caso da lanterna, ao chegar na Lua teria mais de 100.000.000 m de diâmetro.

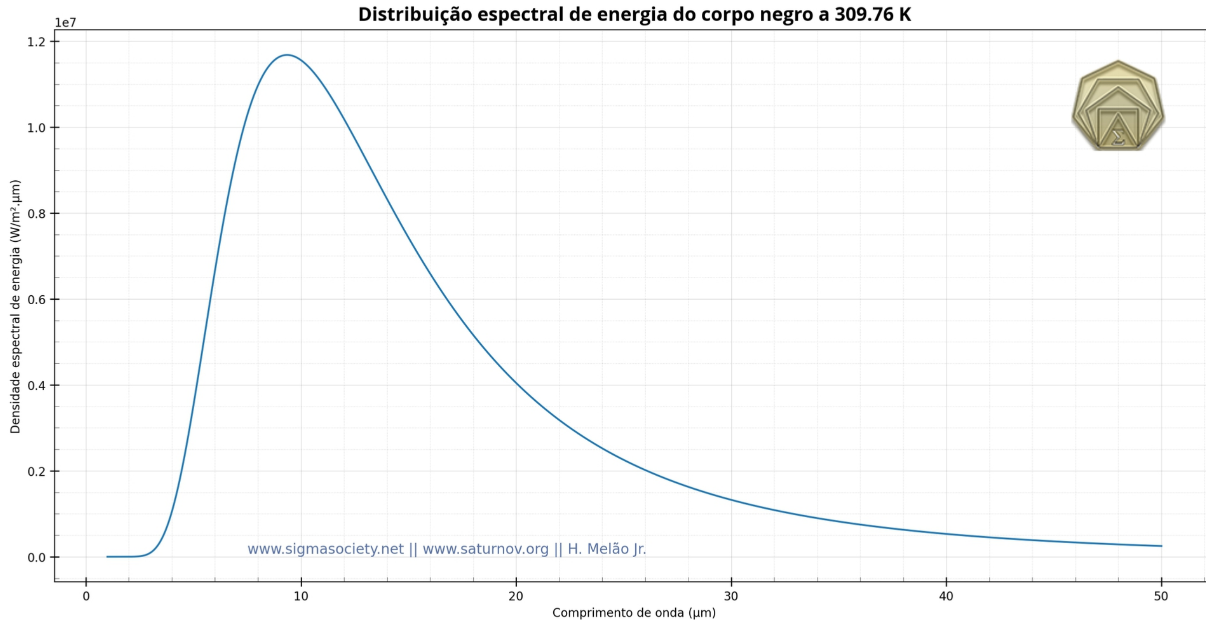
25. O ESPAÇO É ESCURO? SE EU ESTIVESSE NO ESPAÇO E OLHASSE PARA AS MINHAS MÃOS, CONSEGUIRIA ENXERGÁ-LAS?

1) Você está no espaço.

2) O espaço é transparente. No modelo de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, nos primeiros 380.000 anos depois do suposto Big Bang, o universo ainda não era transparente para a luz visível, mas tem sido desde então.

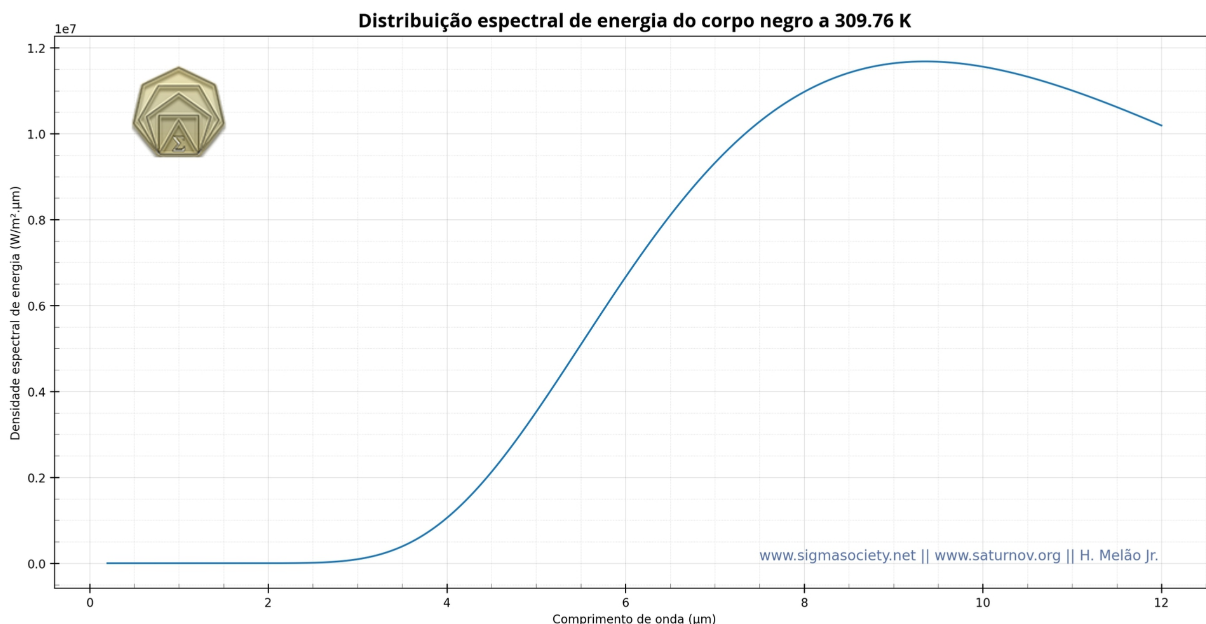
3) Você enxerga suas mãos porque parte da luz que incide sobre elas é refletida e parte dessa luz refletida chega aos cones e bastonetes de suas retinas. Os bastonetes transmitem ao seu cérebro informações sobre a intensidade da luz incidente, enquanto os cones transmitem informações sobre a intensidade de cada comprimento de onda associado a cada uma das 3 cores primárias (supondo que você não seja daltônico nem tetracrômico). Com isso, seu cérebro faz uma interpretação da imagem estereoscópica que chega às retinas e tenta estimar a forma em 3D e a distância das estruturas da imagem.

Para que você consiga enxergar suas mãos, é necessário que elas estejam suficientemente próximas de uma fonte de luz suficientemente intensa, o comprimento de onda dessa luz precisa ser compatível com a faixa do espectro de sensibilidade de suas retinas, seus olhos precisam ser funcionais, estarem abertos, sem obstrução no caminho da luz, entre outras condições. Por exemplo: suas mãos emitem luz infravermelha, porque a temperatura típica do corpo humano é aproximadamente 36,6ºC, e a essa temperatura um corpo negro tem uma distribuição espectral com pico em torno de 9,35 μm. O gráfico abaixo mostra a distribuição das intensidades dos comprimentos de onda emitidos por um corpo negro aquecido a 36,6ºC.



O conceito de "corpo negro", na Física, representa um objeto idealizado que absorve toda a radiação eletromagnética que incide sobre ele e emite radiação em função da sua temperatura. No mundo real, os objetos refletem um pouco da luz incidente, portanto a distribuição real não é exatamente como no gráfico.

No gráfico acima não dá para visualizar tão bem. No gráfico abaixo, pode-se ver a região do espectro com $\lambda < 12$ µm.



A “faixa” visível tem mais de 99,99% da luz no intervalo de 0,36 μm a 0,76 μm, sendo que um objeto a 36,6ºC emite muito pouca luz em comprimentos menores que 2,5 μm (muito menos que 0,1%) e menos ainda abaixo de 1 μm, enquanto a o olho humano típico tem sensibilidade muito menor que 0,01% para luz com comprimentos de onda maiores que 0,76 μm. Portanto não há uma intersecção substancial entre a distribuição dos comprimentos de onda emitidos e a distribuição dos comprimentos de onda mais sensíveis pelo olho humano. Como resultado, embora a mão emita luz “espontaneamente”, sem necessidade de que ela seja iluminada, essa “luz” é incompatível com a “faixa” predominante de sensibilidade de nossos olhos. Por isso é necessário que a mão seja iluminada por alguma fonte externa cuja distribuição espectral seja compatível com nossos olhos.

Há animais tribuluminescentes (vaga-lumes, águas-vivas, alguns cogumelos etc.) que emitem luz dentro do intervalo espectral que conseguimos enxergar, mas não devido à radiação de corpo negro, e sim devido a outros processos bioquímicos e biofísicos. A temperatura mínima necessária para que um corpo negro emitisse luz visível aos nossos olhos em função da temperatura é de pelo menos alguns milhares de graus Celsius (ferro incandescente, por exemplo).

26. COMO SERIA A MATEMÁTICA SEM A LÓGICA?

É a Música.



Com isso, encerramos mais esse livro. Se você gostou do conteúdo e considera que outras pessoas também poderiam apreciar e se beneficiar com as informações que são apresentadas aqui, e se lhe parece justo contribuir com a divulgação dessa obra, por gentileza, coloque seu review no site onde comprou o livro, comente com seus familiares, amigos e conhecidos. Conheça também nosso canal no YouTube, nossos outros livros e nosso substack.